

# 低温黑色釉彩原料及 工艺的初步研究

段鸿莺 段佩权 杨玉洁 纪东歌 王光尧 翁彦俊 潜伟

**内容提要** 以铅釉为基础，以铁、铜、钴、锰等为着色元素发展起来的中国传统低温铅釉彩，其所蕴含的科学技术 and 艺术内涵在我国陶瓷史上是独特且不可缺失的。在这些丰富的色彩中，黑色因其色彩特点，较少应用于器物上，相关文献记载和测试分析均较为少见。本文通过对元、明、清不同时期陶胎的低温黑色釉进行对比分析，对不同时期低温黑色铅釉的原料进行归纳与小结；通过对明、清不同时期瓷胎的低温黑色釉彩进行对比分析，初步梳理了黑色釉彩的原料组成、预处理工艺及呈色特点，并揭示其出现与发展的历程。

**关键词** 黑色低温釉彩 原料 预熔发色处理 呈色特点

## 一 序论

釉的形成与发展是我国古陶瓷科技史中一个重大的技术突破。按照原料种类和熔融温度范围，我国传统的陶瓷釉可分为两类：以钙釉或钙—碱釉为基础的高温釉和以铅釉为基础的低温釉<sup>〔1〕</sup>。我国传统低温釉彩起源于汉代或更早时期，经历唐、宋、辽和元代的不断累积，于明清时期在景德镇白胎基础上得到迅猛发展，在艺术和工艺上达到巅峰。我国低温铅釉彩从北方到南方、由单色到多色，而后发展到由单色和多色组合的釉上彩，呈现出华美蕴藉、姿态万千的艺术效果，在中国陶瓷史上留下了浓墨重彩的一笔<sup>〔2〕</sup>。

在陶胎的低温铅釉中，最早出现的是以铜和铁为着色元素的绿釉与黄釉。随后，铅釉的颜色开始丰富，蓝、白、黑、紫等颜色逐渐出现。在瓷胎的低温釉彩中，最早出现的是以铁为着色元素的矾红彩。红、黄、绿是早期釉彩的主要颜色。随着装饰纹饰和陶瓷技术的发展，釉彩逐渐产生了紫、蓝、黑等颜色。受色彩属性影响，黑色在低温色系釉彩中使用很少，长时间来处于被忽视的状态。

有关陶胎低温铅釉中的黑色，文献及实物显示其最早出现于唐代。关于唐三彩的文献中多数提及了

〔1〕 李国桢、郭演仪《中国名瓷工艺基础》，上海科学技术出版社，1988年，第120页。

〔2〕 李家治《中国科学技术史 陶瓷卷》，科学出版社，1998年，第485页。

三彩的釉色有绿、黄、白、黑、紫等，亦有实物能够证实<sup>〔1〕</sup>。关于瓷胎低温黑色釉彩，最早被认为诞生于清代康熙年间，康熙五彩中新出现了蓝彩与黑彩。随着景德镇御窑厂的考古发掘及成果整理，黑色釉彩被发现在明代正统至天顺年间就应用于器物上<sup>〔2〕</sup>。

关于低温铅釉彩的科技分析，对时代早的陶胎铅釉样品研究侧重于釉的归属分析，判定其是否属于铅釉，从而对低温铅釉的起源进行判定与研究<sup>〔3〕</sup>。对低温色釉陶和低温色釉瓷的科技分析，则集中于黄、绿、蓝、白、孔雀蓝等颜色釉的元素分析，着重于原料、着色元素和着色机理等的探讨<sup>〔4〕</sup>。釉上彩瓷的科技分析侧重于釉上彩的起源、发展及不同时期釉上彩的原料和工艺研究<sup>〔5〕</sup>。亦有国内外学者针对一些具体问题，如胭脂红釉彩的着色机理及发展历程，珐琅彩的原料、技术起源及发展脉络，粉彩的原料及西方进口原料与技术的本土转化等展开研究<sup>〔6〕</sup>。上述研究中涉及低温黑色铅釉彩的极其稀少，仅在少数文章中，研究人员将黑色作为一种颜色的釉彩，对测试结果展开初步讨论。张福康曾对清康熙时期五彩的黑彩和珐琅彩的黑线进行过半定量分析，结果表明黑彩和黑线的着色元素均为锰、铁、钴和铜，推测其为叫珠和铜花配置而成。但助熔剂的成分却不同，五彩黑彩助熔元素为铅和钾，珐琅彩黑线则为钙<sup>〔7〕</sup>。法国学者Philippe Colomban利用便携荧光和拉曼光对一些器物的黑线进行过分析，结合两种设备的检测结果，他认为黑线的着色元素有锰和铁，不同的样品中有着不同的伴生元素，如铜、钴、锡等。500-

〔1〕 金星、张剑《唐三彩黑釉马》，《史学月刊》1985年第6期，第90页。

〔2〕 故宫博物院、景德镇市陶瓷考古研究所《明代正统、景泰、天顺御窑瓷器：景德镇御窑遗址出土与故宫博物院藏传世瓷器对比》，故宫出版社，2019年，第56、59、60、62页。

〔3〕 Nigel Wood, Ian Freestone《“玻璃浆料”装饰战国陶罐的初步检测》，《'95古陶瓷科学技术(3)国际讨论会论文集》，上海科学技术文献出版社，1995年，第17—22页；郎剑锋、崔剑锋《临淄战国齐墓出土釉陶鬲的风格与产地——兼论我国铅釉陶的起源问题》，《华夏考古》2017年第2期，第95—101页。

〔4〕 张福康、张志刚《中国历代低温色釉的研究》，《硅酸盐学报》1980年第1期，第9—19页；刘伟、Blythe Mc Carthy、程玉冰《观台磁州窑址的铅釉器研究》，《'02古陶瓷科学技术(5)国际讨论会论文集》，上海科学技术文献出版社，2002年，第151—16页；郑乃章、吴军明、吴隽、孙加林《景德镇“娇黄釉”的科学技术研究》，《'09古陶瓷科学技术(7)国际讨论会论文集》，上海科学技术文献出版社，2009年，第412—418页。

〔5〕 Pamela Vandiver, Anne Bouquillon, Rose Kerr, Rosemary Scott《中国官窑与民窑的早期釉上彩技术》，《'99古陶瓷科学技术国际讨论会论文集》，上海科学技术文献出版社，1999年，第218—227页；熊樱菲、何文权《清代红釉(彩)瓷的呈色元素分析》，《文物保护与考古科学》2005年第4期，第23—27页；MIAO Jianmin, YANG Bairui, MU Dong, “Identification and Differentiation of Opaque Chinese Overglaze Yellow Enamels by Raman Spectroscopy and supporting Techniques”, in *Archaeometry*, vol. 1, 2010, pp.146-155.

〔6〕 William Kinger, Pamela Vandiver, “The Eighteenth-Century Change in *Technology and Style* from the Famille-verte Palette to the Famille-rose Palette”, in *Technology and Style: proceeding of a symposium on ceramic history and archaeology at the 87<sup>th</sup>. annual meeting of the American Ceramic Society, America Ceramic Society*, 1985, pp.363-381; Paula Mills, Rose Kerr《中国瓷器胭脂红和粉色彩料的研究》，《'99古陶瓷科学技术国际讨论会论文集》，上海科学技术文献出版社，1999年，第258—265页。

〔7〕 张福康、张志刚《我国古代釉上彩的研究》，《硅酸盐学报》1980年第4期，第339—350页。

700cm<sup>-1</sup>处的拉曼峰归属于富铁的尖晶石, 535-635cm<sup>-1</sup>处的拉曼峰归属于富锰的尖晶石<sup>〔1〕</sup>。综上所述, 对低温铅釉彩中黑色的研究目前还停留在着色元素种类层面, 相比于其他颜色低温釉彩而言, 研究深度和系统性远远不够。

基于此, 本文从元、明、清时期建筑琉璃的黑色低温铅釉及明清时期瓷胎低温黑色釉彩出发, 通过元素分析与对比, 并结合相关文献, 对黑色低温铅釉的原料进行研究, 对黑色釉彩的出现与发展、原料组成、预处理工艺及呈色特点等进行了初步总结。

## 二 样品描述与实验方法

### （一）低温黑色铅釉彩样品

本文所分析的陶胎黑色低温铅釉样品均为建筑琉璃构件, 元代样品来源于山西永乐宫, 明代样品来源于北京智化寺(热释光测试结果表明智化寺琉璃瓦的年代为明代)、湖北武当山五龙宫遗址和老姆祠遗址, 清代样品来源于北京故宫博物院和天坛, 琉璃瓦均带有“乾隆年庚寅年造”“乾隆年造”“乾隆年制”款识。

瓷胎低温釉彩样品中, 明正统至天顺年间釉上绿彩、明成化素三彩鸭形香熏来源于景德镇御窑考古研究所, 清雍正黑地梅花珐琅彩瓷碟和清乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗来源于故宫博物院南大库的考古发掘, 清乾隆内檐装修粉彩嵌片来源于故宫博物院乾隆花园延趣楼, 清粉彩瓷七珍(女宝)来源于故宫博物院院藏。

### （二）仪器与方法

实验利用德国Bruker公司TORNADO M4 型毛细管聚焦X射线荧光光谱仪对样品进行分析, 采用Rh靶激发源, 工作电压50kV, 电流200uA, 束斑直径20um, 测试时间120秒, 采用仪器自带FP定量分析方法获得被测样品的元素组成结果, 每个样品测5个点, 取平均值。

利用日本Olympus公司SZX16型实体显微镜对样品的显微结构进行观察。

利用捷克TESCAN公司MIRA3型场发射扫描电子显微镜, 配备美国EDAX公司ELECT Plus型X射线能谱仪, 使用背散射探头, 分析电压为25 kV。采用低真空模式, 用扫描电镜观察样品微观形貌和结构, 并用能谱仪进行成分分析。本文中仅清乾隆延趣楼内檐装修粉彩样品自然断面的微区成分利用该设备进行测试分析。

---

〔1〕 Philippe Colomban, Burcu Kırmızı, Bing Zhao, Jean-Baptiste Clais, Yong Yang, Vincent Droguet, “Investigation of the Pigments and Glassy Matrix of Painted Enamelled Qing Dynasty Chinese Porcelains by Noninvasive On-Site Raman Microspectrometry”, in *Heritage*, vol. 3, 2020, pp.915-940; Philippe Colomban, Florian Ambrosi, Anh-Tu Ngo, Ting-An Lu, Xiong-Lin Feng, Stephen Chen, Chung-Lit Choi, “Comparative analysis of wucai Chinese porcelains using mobile and fixed Raman microspectrometers”, in *Ceramics International*, vol. 43, 2017, pp.14244-14256 .

利用德国Bruker公司Artax型开放式X射线荧光能谱仪,采用Rh靶激发源,电压50kV,电流200uA,束斑直径70um,单点测试时间120秒。采用仪器自带FP定量分析方法获得被测样品的元素组成结果,每个样品测3个点,取平均值。本文中仅清粉彩瓷七珍(女宝)利用Artax开放式X射线荧光能谱仪进行测试分析。

### 三 结果与讨论

#### (一) 低温黑色铅釉

[表一]列出了元、明、清时期建筑琉璃低温黑色铅釉的元素分析结果,亦列出了已发表明清时期黑色琉璃釉的元素分析结果<sup>〔1〕</sup>。

[表一] 黑色低温铅釉(建筑琉璃)的元素组成(%)

| 年代  | 样品      | 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> | CoO   | NiO  | CuO  | BaO   | PbO   | SnO <sub>2</sub> |
|-----|---------|-------------------|------|--------------------------------|------------------|------------------|------|------------------|------|--------------------------------|-------|------|------|-------|-------|------------------|
| 元   | YLG-1-1 | 0.03              | 0.49 | 2.67                           | 33.63            | 0.87             | 0.73 | 0.04             | 0.01 | 10.44                          | 0.06  | 0.01 | 0.08 | 0.00  | 50.84 | 0.00             |
|     | YLG-3-1 | 0.00              | 1.22 | 5.40                           | 38.98            | 0.92             | 3.32 | 0.14             | 0.76 | 2.10                           | 0.01  | 0.01 | 2.87 | 0.03  | 43.96 | 0.20             |
|     | YLG-3-2 | 0.06              | 0.94 | 4.48                           | 35.77            | 0.68             | 1.80 | 0.13             | 0.66 | 1.96                           | 0.01  | 0.01 | 3.33 | 0.01  | 49.71 | 0.34             |
| 明   | ZHS-1   | 0.22              | 0.36 | 3.91                           | 30.58            | 0.41             | 0.46 | 0.18             | 0.75 | 2.49                           | 0.02  | 0.00 | 5.65 | 0.05  | 54.69 | 0.11             |
|     | ZHS-2   | 0.15              | 0.71 | 4.03                           | 31.77            | 0.48             | 0.89 | 0.22             | 0.82 | 2.69                           | 0.02  | 0.01 | 4.63 | 0.04  | 53.29 | 0.14             |
|     | ZHS-3   | 0.28              | 0.48 | 4.38                           | 32.50            | 0.62             | 1.86 | 0.23             | 0.71 | 3.43                           | 0.02  | 0.01 | 4.68 | 0.05  | 50.52 | 0.13             |
|     | ZHS-4   | 0.37              | 0.13 | 3.41                           | 29.42            | 0.33             | 0.49 | 0.19             | 0.97 | 2.96                           | 0.02  | 0.01 | 6.48 | 0.04  | 54.77 | 0.30             |
|     | ZHS-5   | 0.32              | 0.19 | 4.59                           | 29.28            | 0.56             | 0.43 | 0.26             | 0.96 | 3.02                           | 0.02  | 0.01 | 5.51 | 0.05  | 54.59 | 0.08             |
|     | WLG-1   | 0.00              | 0.03 | 4.09                           | 29.05            | 1.02             | 0.33 | 0.29             | 0.57 | 3.09                           | 0.02  | 0.01 | 3.66 | 0.02  | 57.68 | 0.01             |
|     | LMC-1   | 0.04              | 0.44 | 5.36                           | 30.02            | 0.69             | 0.65 | 0.33             | 0.54 | 3.13                           | 0.02  | 0.01 | 3.53 | 0.01  | 55.13 | 0.01             |
|     | LMC-2   | 0.00              | 0.06 | 4.16                           | 27.22            | 0.53             | 0.23 | 0.27             | 0.56 | 2.91                           | 0.02  | 0.01 | 3.60 | 0.00  | 60.31 | 0.01             |
| 清   | GG-1    | 0.24              | 0.24 | 4.81                           | 30.53            | 0.53             | 0.86 | 0.25             | 1.18 | 2.74                           | 0.02  | 0.01 | 5.94 | 0.04  | 52.50 | 0.01             |
|     | TT-1    | 0.24              | 0.30 | 3.83                           | 29.07            | 0.47             | 0.50 | 0.19             | 1.36 | 3.23                           | 0.02  | 0.01 | 5.62 | 0.10  | 54.94 | 0.01             |
|     | TT-2    | 0.16              | 0.11 | 6.27                           | 27.66            | 0.55             | 0.43 | 0.32             | 0.93 | 2.78                           | 0.02  | 0.01 | 4.05 | 0.04  | 56.55 | 0.01             |
|     | TT-3    | 0.27              | 0.33 | 5.78                           | 29.38            | 0.53             | 0.60 | 0.34             | 1.27 | 3.63                           | 0.02  | 0.01 | 5.19 | 0.05  | 52.47 | 0.01             |
|     | TT-4    | 0.10              | 0.47 | 4.17                           | 29.40            | 0.45             | 0.93 | 0.22             | 1.39 | 3.46                           | 0.03  | 0.01 | 6.35 | 0.10  | 52.78 | 0.03             |
| 明代1 |         | 0.67              | 0.54 | 6.22                           | 31.24            | 0.64             | 0.9  | 0.34             | 0.6  | 2.36                           |       |      | 2.74 | 0.049 | 53.1  | 0.41             |
| 明代1 |         | 0.9               | 0.57 | 4.79                           | 31.07            | 0.84             | 1.86 | 0.23             | 0.96 | 2.59                           | 0.008 |      | 3.82 | 0.076 | 大量    | 0.37             |
| 清代1 |         | 0.55              | 0.84 | 4.25                           | 29.68            |                  | 0.66 | 0.22             | 0.74 | 2.68                           |       |      | 4.5  | 0.055 | 55.45 |                  |
| 清代1 |         | 0.46              | 0.27 | 5.04                           | 26.66            |                  | 0.47 | 0.25             | 0.12 | 5.31                           | 0.69  |      | 3.73 | 0.035 | 55.71 |                  |

从[表一]中可以看出,元、明、清时期不同产地的黑色琉璃釉都属于高铅釉,主要组分PbO的含量范围为43.96%—60.31%,SiO<sub>2</sub>的含量范围为27.22%—39.98%,二者加合的范围为81.9%—87.5%。相比

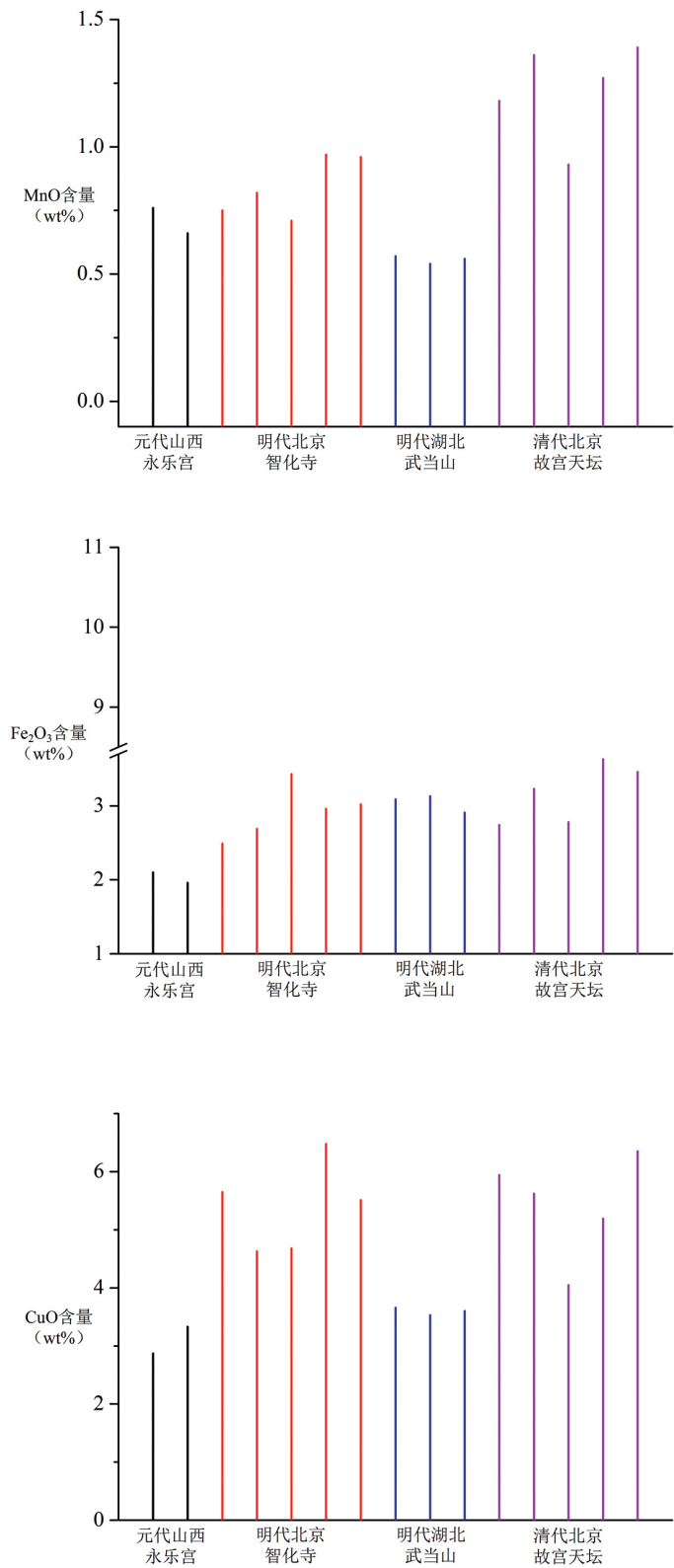
〔1〕 苗建民、王时伟《元明清建筑琉璃的研究》,《'05古陶瓷科学技术(6)国际讨论会论文集》,上海科学技术文献出版社,2005年,第108—115页。

较而言，元代永乐宫黑色琉璃釉中PbO的含量略低于明清时期黑色琉璃釉，SiO<sub>2</sub>含量则略高。元、明、清时期不同产地的黑色琉璃釉的着色元素为铁、铜和锰。其中，元代永乐宫黑色琉璃釉的着色元素分为两种情况，一种是高含量的铁元素，Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量高达10.4%，该样品琉璃釉色在光线下偏褐色；另一种是锰、铁和铜共同着色，Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CuO和MnO的含量范围分别为1.96%—2.10%、2.87%—3.33%和0.66%—0.76%。明清时期不同产地的黑色琉璃釉着色元素与元代黑色琉璃釉的第二种情况一样，为铁、铜和锰，Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CuO和MnO的含量范围分别为2.49%—3.63%、3.53%—6.48%和0.54%—1.39%。这与已经发表的北京明清时期黑色琉璃釉的成分数据相近<sup>〔1〕</sup>。

〔图一〕为不同时期锰、铁和铜共同着色的黑色琉璃釉着色元素含量对比柱状图。相较而言，明清时期黑色琉璃釉着色剂Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和CuO的含量高于元代。湖北武当山地区明代早期的琉璃，着色元素铜和锰的含量相对较低。山西地区元代和北京地区明代黑色琉璃釉中锡元素含量较高，可能是用了锡作为乳浊剂，也可能是由于使用了青铜作为着色原料来引入铜。北京地区清代黑色琉璃釉着色元素锰的含量较高，含锰的着色原料加入量应高于其他黑色琉璃釉。

宋代《天工开物》仅记载了绿色琉璃釉的原料配方。关于黑色琉璃釉的文献，明万历年间《工部厂库须知》中记载：“黑色一料，铅末三百六斤，马牙石一百二斤，铜末二十二斤，无名异一百八十斤。”<sup>〔2〕</sup>清光绪三十年北京门头沟琉璃窑厂的配方记载了黑色琉璃釉的原料为铅和马牙石，着色原料主要有铜绿、

〔图一〕不同时期黑色琉璃釉着色元素含量对比柱状图



〔1〕 前揭苗建民、王时伟《元明清建筑琉璃的研究》，第110页。

〔2〕 李全庆、刘建业《中国古建筑琉璃技术》，中国建筑工业出版社，1987年，第18页。

大碌、大青石，红土和土子<sup>〔1〕</sup>。其中大青石是一种天然矿石色绿，主要成分为碱式碳酸铜，其化学式为 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ；红土的主要成分是氧化铁，其化学式为 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ；土子，又称无名异，是一种黑色小颗粒，主要化学成分是氧化锰，其化学式为 $\text{MnO}$ 。从上述注释可知，铜绿、大碌、大青石为引入氧化铜的原料，红土是引入氧化铁的原料，土子是引入氧化锰的原料。而从表格中可知，绝大部分分析数据与文献记载一致，即元、明、清时期不同地区黑色琉璃釉基础釉料的主要成分是氧化铅和二氧化硅，着色元素则为铁、铜和锰。

中国传统低温铅釉陶产品主要为随葬品和建筑构件。唐代成熟的低温铅釉陶烧制工艺影响了宋三彩、辽三彩以及宋代以后建筑琉璃的发展，元代以后低温铅釉陶制品集中用于建筑琉璃。然相较于其他颜色的低温铅釉制品，黑色琉璃釉应用很少。元代琉璃构件中，黑色琉璃釉主要出现在动物、人物眼睛等部位，而到了明清时期，根据“阴阳五行”之说，一些建筑屋顶上出现了大规模的黑色琉璃瓦。

综上所述，低温釉陶黑釉的元素组成与着色元素较为统一， $\text{PbO}$ 含量约占50%， $\text{SiO}_2$ 含量大约30%，为铅玻璃基体；除一个偏褐色的样品外，呈色基本由锰、铁、铜三种元素混合着色。上述样品数据的一致性与连贯性，暗示了自元代起低温釉陶中黑色釉的原料及配方可能一直未发生明显的变化。很可惜我们未能对唐代黑色低温铅釉进行分析，亦未找到相关的成分分析数据。但根据上述结果，我们不禁产生疑问，是否唐三彩黑釉使用的原料及配方可能与这些建筑琉璃釉类似？即在低温铅釉陶制品中，黑釉的原料配方可能一直沿用至明清时期。

## （二）瓷胎低温黑色釉彩

### 1. 明正统至天顺年间釉上绿彩

3片明正统至天顺年间釉上绿彩残片〔图二〕出土于景德镇市珠山东北侧明清官窑遗址正统至天顺地层，其透明釉上仅以釉上绿彩为装饰，用黑线描画轮廓线。绿彩的整体保存状况差，绝大部分发生了腐蚀反应，腐蚀物连成一片，厚厚凸起，外观上呈现出浅黄褐色。从瓷片的整体上看，大部分黑线压于绿彩之下，由于绿彩剥落，方露出下方黑线，一些黑线上仍有少量残余绿彩，黑线的显微图片见〔图三〕。研究团队对釉上黑线进行了元素分析，在选择测试部位时，尽量选择不受绿彩干扰的黑线，每片瓷片选择3处黑线进行分析，每处分析5个点，结果取平均值，元素组成见〔表二〕。

〔表二〕 明正统至天顺年间釉上绿彩瓷片黑线的元素组成（%）

| 编号 | 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> | CoO  | NiO  | CuO  | ZnO  | BaO  | PbO   |
|----|-------------------|------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------|------------------|------|--------------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| 1  | 0.64              | 0.01 | 15.75                          | 47.09            | 0.68                          | 3.88             | 2.52 | 0.12             | 2.61 | 14.80                          | 0.36 | 0.02 | 0.44 | 0.04 | 0.08 | 10.67 |
| 2  | 1.15              | 0.02 | 13.20                          | 40.99            | 2.46                          | 3.44             | 2.61 | 0.08             | 2.84 | 17.75                          | 0.41 | 0.01 | 0.14 | 0.06 | 0.10 | 14.41 |
| 3  | 0.57              | 3.51 | 15.55                          | 44.71            | 2.20                          | 3.26             | 3.19 | 0.12             | 2.01 | 13.38                          | 0.29 | 0.04 | 0.37 | 0.03 | 0.04 | 10.55 |

从〔表二〕数据可知，黑线中 $\text{PbO}$ 的均值含量仅为12%， $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 组分含量较高，同时含有一定

〔1〕 前掲李全庆、刘建业《中国古建筑琉璃技术》，第19—20页。

量的K<sub>2</sub>O和CaO。着色元素主要为铁，Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量均值高达15%。同时，锰和钴也是着色元素，MnO和CoO的含量均值分别为2.5%和0.4%。CuO的含量不高，3个样品9处黑线的测试结果中，仅2处CuO的含量为0.97%和0.79%，其余7处均在0.1%到0.2%之间。故在此我们不将铜作为黑线的着色元素来考虑。高含量的铁元素导致黑线的呈色结果偏褐色，〔图三〕的显微图片也很好的展示了这一呈色效果。

对比同地层出土青花矾红彩样品红褐色线条的元素分析结果，我们发现绿彩黑线(偏褐色)与矾红彩红褐色线条的元素组成较为类似，主要组分为SiO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和PbO，仅在MnO和CoO的含量上有差别。青花矾红彩样品中，红褐色勾线MnO和CoO含量均值分别为0.12%和0.04%。因此，我们推测绿彩的黑线使用了一种铁含量很高的原料，有可能为矾红彩料，以及一种含有锰和钴元素的原料混合而成。

2. 明成化素三彩鸭形香熏

明成化素三彩鸭形香熏〔图四〕于1987年出土于景德镇市珠山东侧明清官窑遗址成化地层。此香熏的器底与鸭颈内腹施白釉，鸭首、腹部、尾部施墨绿釉彩，鸭嘴、足、鸭蹼施黄色釉彩，颈、腹内刷棕黄釉彩，器底施绿色和紫色釉彩，背上羽毛及双翅锥刻处填孔雀蓝釉彩。在鸭蹼和背部，有少许黑色釉彩，具体见〔图五〕。该香熏黑色及其他颜色釉彩的元素组成见〔表三〕。

〔表三〕 明成化素三彩鸭形香熏不同颜色釉彩的元素组成（%）

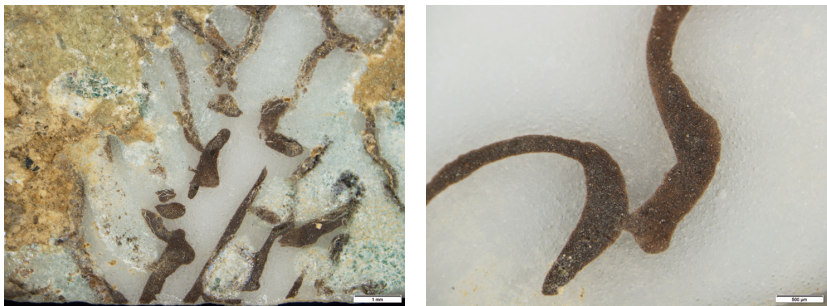
| 颜色   | Na <sub>2</sub> O | MgO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | TiO <sub>2</sub> | MnO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CoO  | NiO  | CuO  | BaO  | PbO   |
|------|-------------------|------|--------------------------------|------------------|------------------|------|------------------|------|--------------------------------|------|------|------|------|-------|
| 黑(背) | 0.00              | 0.00 | 6.88                           | 41.36            | 0.72             | 0.58 | 0.03             | 4.32 | 0.99                           | 0.37 | 0.05 | 2.63 | 0.06 | 41.59 |
| 黑(脚) | 0.00              | 0.04 | 6.34                           | 27.41            | 0.50             | 0.28 | 0.07             | 4.33 | 1.27                           | 0.38 | 0.05 | 3.00 | 0.05 | 55.06 |
| 绿    | 0.10              | 0.00 | 4.01                           | 36.73            | 0.32             | 0.15 | 0.03             | 0.01 | 0.41                           | 0.00 | 0.01 | 4.84 | 0.00 | 53.06 |
| 墨绿   | 0.00              | 0.00 | 2.31                           | 30.42            | 0.06             | 0.14 | 0.02             | 1.23 | 0.35                           | 0.12 | 0.02 | 5.37 | 0.01 | 59.58 |
| 黄    | 0.05              | 0.20 | 1.63                           | 42.81            | 0.35             | 0.15 | 0.05             | 0.00 | 3.38                           | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 0.00 | 50.92 |
| 棕黄   | 0.05              | 0.00 | 2.47                           | 38.79            | 0.32             | 0.15 | 0.03             | 0.38 | 2.64                           | 0.05 | 0.01 | 0.05 | 0.00 | 54.73 |
| 紫    | 0.00              | 0.00 | 3.14                           | 34.25            | 0.25             | 0.12 | 0.02             | 1.15 | 0.33                           | 0.13 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 60.19 |

从〔表三〕可见，鸭形香熏背部和脚部黑色釉彩的元素组成相似，主要组分为PbO和SiO<sub>2</sub>，还含有一

〔图二〕明正統至天順年間釉上綠彩殘片



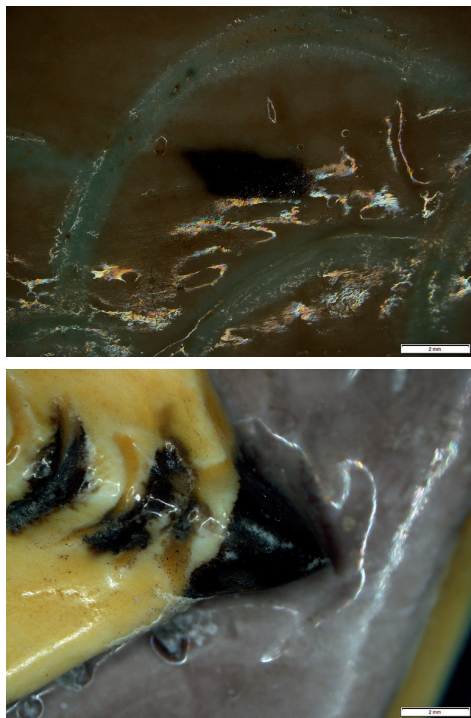
〔图三〕明正統至天順年間釉上綠彩黑色勾線的显微图片



〔图四〕明成化素三彩鸭形香熏



〔图五〕明成化素三彩鸭形香熏背部及脚部黑色釉彩显微图片  
(上:背部,下:脚部)



定量的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

$\text{MnO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CoO}$ 和 $\text{CuO}$ 的含量分别约为4.3%、1.1%、0.4%和2.8%，黑色釉彩为锰、铁、钴和铜四种着色元素共同着色。

为了更好地讨论黑色釉彩使用的原料，我们在表中也列出了其他颜色釉彩的元素组成。低温绿色与黄色铅釉

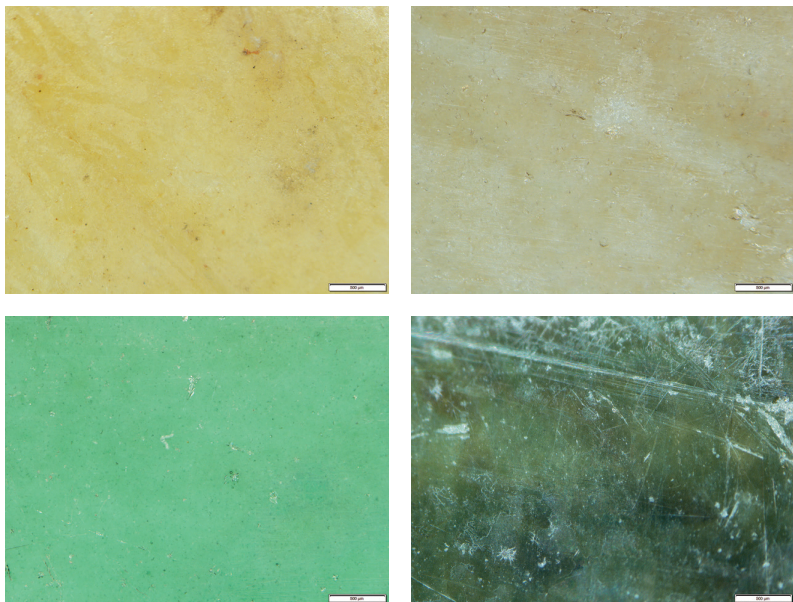
彩由来已久，〔表三〕中这两种颜色釉彩的成分与其他时期的低温绿釉和低温黄釉相似。紫色釉彩首次出现于明代宣德时期<sup>〔1〕</sup>，王宗沐《江西省大志·陶书》中记载其原料及配方：“紫色用黑铅末一斤，石子青一两，石末六两合成。”<sup>〔2〕</sup>石子青即青花料，我国在明嘉靖以前的紫色主要用青花钴料配置而成，紫是随青花之后出现的<sup>〔3〕</sup>。〔表三〕中的紫色釉彩数据结果与《陶书》中记载的一致，主要以锰着色( $\text{MnO}$ 含量为1.15%)，同时也含有少量的钴( $\text{CoO}$ 含量为0.13%)。对比〔表三〕中黄与棕黄色、绿与墨绿色釉彩的元素组成，不考虑这两种颜色釉彩中铁与铜的含量，我们发现棕黄与墨绿两种颜色釉彩还含有锰和钴，而且 $\text{CoO}$ 与 $\text{MnO}$ 含量比数值接近。不仅如此，棕黄、墨绿、黑色釉彩的钴锰比数值与紫色釉彩中钴锰比数值接近。因此，我们推测黑色釉彩所采用的着色剂为石子青这种青花料和含铜的原料，棕黄色和墨绿色是在黄色和绿色釉彩原料中加入了少量的石子青料。显然，这种在原料中引入少量青花料以丰富釉彩颜色的行为是有意为之的，〔图六〕对比显示了两种色调的黄色与绿色釉彩的显微图片。此外，在绿色釉彩的原料中加入大量的青花料，烧制后得到了黑色釉彩，我们推测这也是一种主观性的尝试行为。这种尝试丰富了器物釉彩的颜色，同时也得到了黑色釉彩。

〔1〕 江建新《中国釉上彩瓷史略》，文物出版社，2015年，第45页。

〔2〕 (明)王宗沐《江西省大志·陶书》颜色条，嘉靖三十五年刻本，中国国家图书馆藏。

〔3〕 前揭江建新《中国釉上彩瓷史略》，第45页。

〔图六〕两种黄色和绿色釉彩显微图片对比  
(左上: 黄, 右上: 棕黄, 左下: 绿, 右下: 墨绿)



〔图七〕清雍正黑地梅花珐琅彩瓷碟



### 3. 清雍正黑地梅花珐琅彩瓷碟

〔图七〕和〔表四〕中为故宫博物院南大库出土的雍正款珐琅彩黑地梅竹碟。2014年, 故宫博物院考古研究所在故宫西南部南大库区域发掘一处器物埋藏坑, 集中出土了数万片瓷器残片, 其中就包含了这件款识为“雍正年制”的黑地梅花珐琅彩瓷碟残件。

〔表四〕 清雍正黑地梅花珐琅彩瓷碟黑地与黑线的元素组成(%)

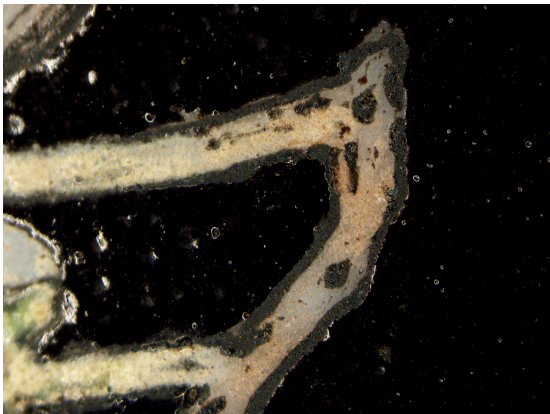
| 部位 | Na <sub>2</sub> O | MgO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | TiO <sub>2</sub> | MnO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CoO  | NiO  | CuO  | ZnO  | PbO   | BaO  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
|----|-------------------|------|--------------------------------|------------------|------------------|------|------------------|------|--------------------------------|------|------|------|------|-------|------|-------------------------------|
| 黑地 | 0.64              | 0.66 | 5.90                           | 46.08            | 6.76             | 2.60 | 0.06             | 4.55 | 15.08                          | 0.99 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 13.12 | 0.07 | 2.51                          |
| 黑线 | 3.55              | 1.33 | 15.52                          | 48.17            | 7.26             | 3.55 | 0.13             | 8.75 | 3.45                           | 2.55 | 0.13 | 0.09 | 0.12 | 3.00  | 0.15 | 1.48                          |

从〔表四〕可见, 黑地的主要组分为SiO<sub>2</sub>和PbO, 其K<sub>2</sub>O、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量也较高。此外, 该器物的黑地中还含有一定量的硼元素, 采用的是进口的珐琅料<sup>〔1〕</sup>。黑地的主要着色元素为锰、铁和钴, CuO的含量很低, 不作为着色剂来考虑。值得一提的是, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量高达15.1%, 黑地在光线和显微镜下观察时颜色为黑褐色, 推测这一外观特征与其Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的高含量相关。

〔表四〕中也列出了〔图八〕黑线(黑地旁)的元素组成, 虽同为黑色, 但黑线与黑地的元素组成有较大的差异。黑线的主要组分为SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 亦含有一定的K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、CaO与PbO, 与传统的低温铅釉不同, 黑线中PbO的含量仅为3%。黑线的着色元素与黑地相同, 均为锰、铁和钴, 着色剂MnO和CoO的含量高

〔1〕 QU Liang, ZHANG Xinqiang, DUAN Hongying, “The application of LIBS and other techniques on Chinese low temperature glaze”, in *MRS Advances: Materials Issue in Art and Archaeology X*, 2017, 2, pp.2081-2094; 贾翠、曲亮、张蕊等《故宫南大库出土黑地珐琅彩瓷的科学分析和工艺研究》, 《故宫博物院院刊》2018年第1期, 第130—137页。

[图八] 黑色底釉与黑色线条的显微图片



[图九] 清乾隆延趣楼内檐装修粉彩嵌片



[表五] 清乾隆延趣楼内檐装修粉彩嵌片绿彩和黑彩的元素组成(%)

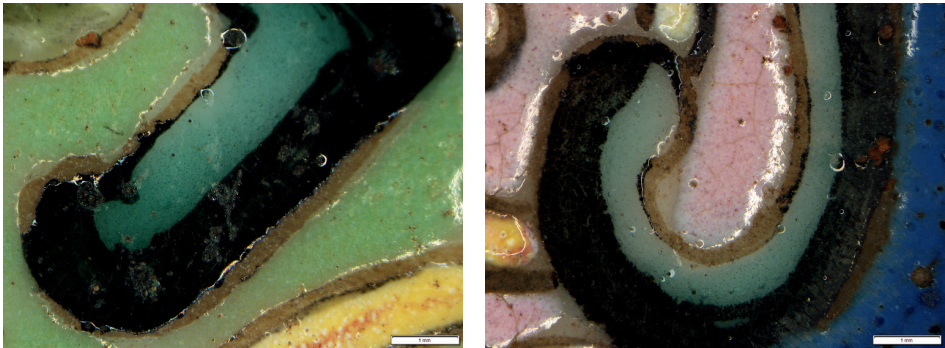
| 颜色 | 样品     | Na <sub>2</sub> O | MgO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | TiO <sub>2</sub> | MnO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CoO  | NiO  | CuO  | PbO   |
|----|--------|-------------------|------|--------------------------------|------------------|------------------|------|------------------|------|--------------------------------|------|------|------|-------|
| 绿  | YQL-01 | 1.50              | 0.00 | 0.79                           | 38.99            | 2.03             | 0.31 | 0.02             | 0.01 | 0.36                           | 0.00 | 0.01 | 5.38 | 49.16 |
|    | YQL-04 | 1.54              | 0.01 | 0.60                           | 39.45            | 3.40             | 0.33 | 0.02             | 0.02 | 0.40                           | 0.01 | 0.01 | 3.30 | 49.92 |
|    | YQL-06 | 0.60              | 0.00 | 0.41                           | 38.64            | 2.23             | 0.19 | 0.02             | 0.02 | 0.33                           | 0.00 | 0.01 | 3.75 | 52.51 |
| 黑  | YQL-01 | 1.59              | 0.00 | 0.76                           | 37.57            | 2.12             | 0.35 | 0.03             | 0.78 | 0.42                           | 0.16 | 0.00 | 5.37 | 49.81 |
|    | YQL-04 | 2.09              | 0.01 | 0.71                           | 43.18            | 1.84             | 0.54 | 0.03             | 0.94 | 0.51                           | 0.22 | 0.01 | 2.87 | 45.97 |
|    | YQL-06 | 0.80              | 0.00 | 0.37                           | 39.00            | 2.33             | 0.21 | 0.03             | 0.17 | 0.36                           | 0.05 | 0.01 | 3.08 | 52.50 |

从[表五]的数据中可知，黑彩含PbO约49%，SiO<sub>2</sub>约40%，含少量K<sub>2</sub>O，着色元素为锰、铁、钴和铜。从含量上看，CuO的含量远远大于Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MnO和CoO三种着色剂的含量。在3个粉彩样品中，黑彩分布在绿彩周围，对比[表五]中绿彩与黑彩的元素组成，不难发现二者元素组成基本一致，仅在MnO与CoO的含量上不同。

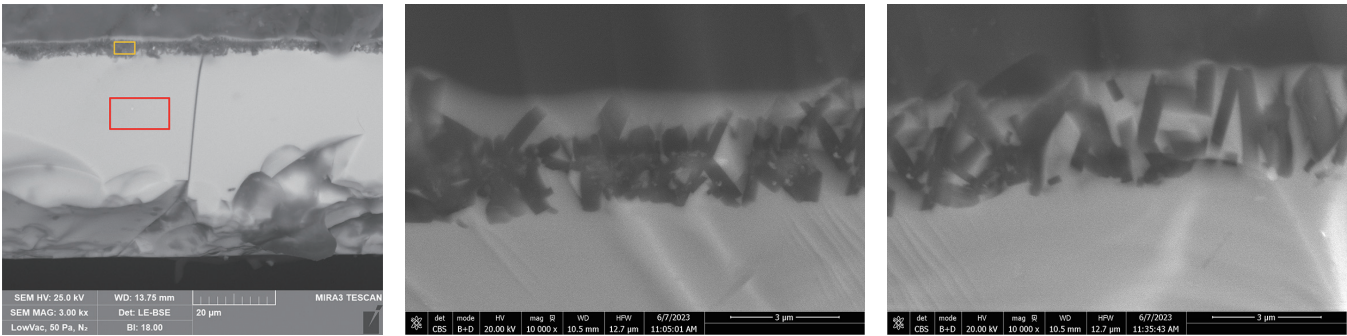
从[图十]的显微图片中可见，黑彩与绿彩连为一体，黄、黄绿、粉色釉上彩之间则有细小的施彩间隔带，露出浅黄棕色的物质。绿彩盖住的区域显露出黑彩，没覆盖的区域则显示浅黄棕色。据悉，景德镇工匠在绘制粉彩时，一般先用珠明料勾画轮廓线，继而根据图案填画不同颜色釉彩，黑彩就是将透

明绿彩或雪白(透明铅釉)覆盖于珠明料上烧制而得<sup>〔1〕</sup>。由于含有高含量(14%—26%)的牛皮胶作为粘合剂,烧成后有机物的挥发导致颜色上呈现浅黄棕色<sup>〔2〕</sup>。为了更好地验证这一点,我们利用扫描电镜能谱对

〔图十〕延趣楼粉彩瓷片黑色釉彩的显微图片



〔图十一〕黑彩部分断面显微结构图片  
(右边为黑色的放大图片)



一个粉彩样品自然断面进行了显微观察及微区成分测试,结果见〔图十一〕和〔表六〕。

从〔图十一〕中可见,在黑彩与透明釉的交界处,有一层黑色的物质,形状为柱形。我们对两处黑彩断面不同位置的黑色区域(〔图十一〕中橙色方框示意区域),以及白色大块区域(〔图十一〕中红色方框示意区域)进行了元素分析,黑色区域的平均元素组成及白色大块区域的元素组成见〔表六〕。从〔表六〕中可知,黑色区主要组分为 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ ,且 $\text{MnO}$ 和 $\text{CoO}$ 的含量很高,还含有一定量的 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,着色元素的组成与前文所提及的珠明料是一致的。白色大块区域的主要组分为 $\text{PbO}$ 和 $\text{SiO}_2$ ,着色元素为锰、铁、钴和铜,与〔表五〕中黑彩的组成一致。

〔表六〕黑彩不同区域的元素组成(%)

|      | $\text{Na}_2\text{O}$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{SiO}_2$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{CaO}$ | $\text{MnO}$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{CoO}$ | $\text{CuO}$ | $\text{PbO}_2$ |
|------|-----------------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|----------------|
| 橙色方框 | 1.52                  | 12.17                   | 48.17          | 7.59                 | 2.96         | 4.19         | 1.65                    | 1.02         | 1.78         | 18.31          |
| 红色方框 | 0.00                  | 1.45                    | 37.09          | 2.16                 | 0.93         | 1.25         | 1.00                    | 0.10         | 2.25         | 53.78          |

由此可见,延趣楼粉彩样品的黑彩,着色方式为珠明料叠加绿彩,珠明料部分着色元素扩散至低温铅釉中,这样呈现出的黑色带有较为浓重的墨绿色痕迹。

〔1〕 段鸿莺、刘瀚文、杨玉洁等《故宫宁寿宫装饰瓷嵌片釉彩料的分析研究》,《文物保护与考古科学》2019年第3期,第59—67页。  
〔2〕 前揭张福康、张志刚《我国古代釉上彩的研究》,第348页。

〔图十二〕清乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗



〔图十三〕乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗黑色线条显微图片



〔表七〕清乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗黑线元素组成(%)

| 部位 | 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> | CoO  | NiO  | CuO  | PbO  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
|----|-------------------|------|--------------------------------|------------------|------------------|------|------------------|------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------------------|
| 黑线 | 3.18              | 0.41 | 23.44                          | 41.17            | 7.21             | 6.44 | 0.21             | 6.34 | 2.63                           | 1.04 | 0.02 | 0.22 | 1.91 | 4.54                          |

从〔表七〕中可知，清乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗的黑色线条主要组分为SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，亦含有一定的K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、CaO，着色元素为锰、铁和钴，且含量较高。这与〔表四〕中清雍正黑地梅花珐琅彩瓷碟黑线的元素组成相近。

清乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗黑色线条发色稳定，颜色很黑，如〔图十三〕所示，不似延趣楼粉彩瓷片中用珠明料绘出的线条，因无铅釉或绿铅的覆盖而变成浅黄棕色，且其他颜色釉彩，如黄色、绿色、黄绿色、白色、蓝色等叠压于其上方时，仅一定程度上遮住了黑色。由此可见，此时的黑色线条已完全自主呈色，且发色稳定。

值得注意的是，故宫博物院南大库出土的粉彩瓷碗虽与宁寿宫延趣楼的粉彩样品同属乾隆期，但是它们黑色线条釉彩的原料、呈色方式与效果完全不同；而它与雍正时期珐琅彩的黑色线条却有相同之处。中国传统釉上彩原料与西方进口珐琅料在制作工艺上的差别为是否进行预熔发色。西方珐琅彩原料将含不同着色金属的矿石进行高温烧制后水萃形成熔块，完成预先发色，后磨碎成色彩丰富的色粉进行

## 5. 清乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗

〔表七〕和〔图十二〕为故宫博物院南大库出土的清乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗，亦来源于2014年南大库区域的瓷器残片埋藏坑。该碗碗底有“大清乾隆年制”六字青花方款识，碗内壁施透明釉，外壁施红彩为地，以西洋巴洛克风格的缠枝花蔓围成三组开光，内绘黄地粉彩折枝牡丹，色彩对比鲜明，突显牡丹娇艳丰姿。

彩绘，二次低温烧制的过程并非发色的过程，而是软化后与瓷釉面黏合的过程<sup>〔1〕〔2〕</sup>。雍正黑地梅花珐琅彩瓷碟和乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗黑色线条成分及着色特征的一致性，暗示了这两件器物黑线均使用了与进口料相同的预熔着色处理方式。

6. 清粉彩瓷七珍（女宝）

清粉彩瓷七珍为故宫博物院藏佛教文物〔图十四〕。此粉彩瓷七珍(女宝)为七件器物中第五件，为女性菩萨形。其粉彩宝座中有黑彩和黑线区域，通过对其分析，得到了〔表八〕中列出的元素组成结果。为了更好的对比，〔表八〕中也列出了黑彩附近绿彩的元素组成，受仪器设备的限制，仅提供元素铝以后元素的定量结果。

〔表八〕 清粉彩瓷七珍（女宝）黑彩与黑线的元素组成（%）

| 部位  | 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> | CoO  | NiO  | CuO  | ZnO  | PbO   |
|-----|--------------------------------|------------------|------------------|------|------------------|------|--------------------------------|------|------|------|------|-------|
| 黑线1 | 19.41                          | 64.15            | 4.84             | 5.17 | 0.12             | 2.63 | 2.34                           | 0.38 | 0.01 | 0.10 | 0.02 | 0.71  |
| 黑线2 | 18.25                          | 64.48            | 4.30             | 5.28 | 0.11             | 2.57 | 1.86                           | 0.37 | 0.01 | 0.12 | 0.03 | 2.29  |
| 黑彩  | 0.04                           | 65.27            | 0.93             | 0.40 | 0.02             | 0.46 | 0.30                           | 0.11 | 0.00 | 2.27 | 0.04 | 29.46 |
| 绿彩  | 0.05                           | 66.97            | 1.02             | 0.56 | 0.01             | 0.04 | 0.45                           | 0.00 | 0.00 | 2.47 | 0.04 | 27.61 |

从〔表八〕中可知，粉彩瓷七珍(女宝)底座两条黑线的元素组成接近，着色元素为锰、铁和钴，主要组分为SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，助熔剂主要为K<sub>2</sub>O和CaO。虽受仪器的限制，黑线Na<sub>2</sub>O、MgO结果无法给出，SiO<sub>2</sub>和PbO的结果也与台式机测试有一定的系统偏差。但粉彩瓷七珍(女宝)底座黑线的结果与清雍正黑地梅花珐琅彩瓷碟和清乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗的黑线元素组成结果较为相似。其呈色效果也基本类似，呈色稳定，且因为铅含量低而不具备光泽性。

粉彩瓷七珍(女宝)底座黑彩的元素结果与黑线有着较大差异，而与绿彩的元素结果相近。黑彩的主要组分为SiO<sub>2</sub>和PbO，着色元素为铜、锰、铁和钴。此结果与清乾隆延趣楼内檐装修粉彩嵌片样品类似，黑彩与绿彩仅在锰、铁和钴的元素组成上有着较小的差异，推测其着色方式与粉彩嵌片的黑彩一样，为珠明料叠加绿彩，显色效果上也类似，黑色带有一定的墨绿色。

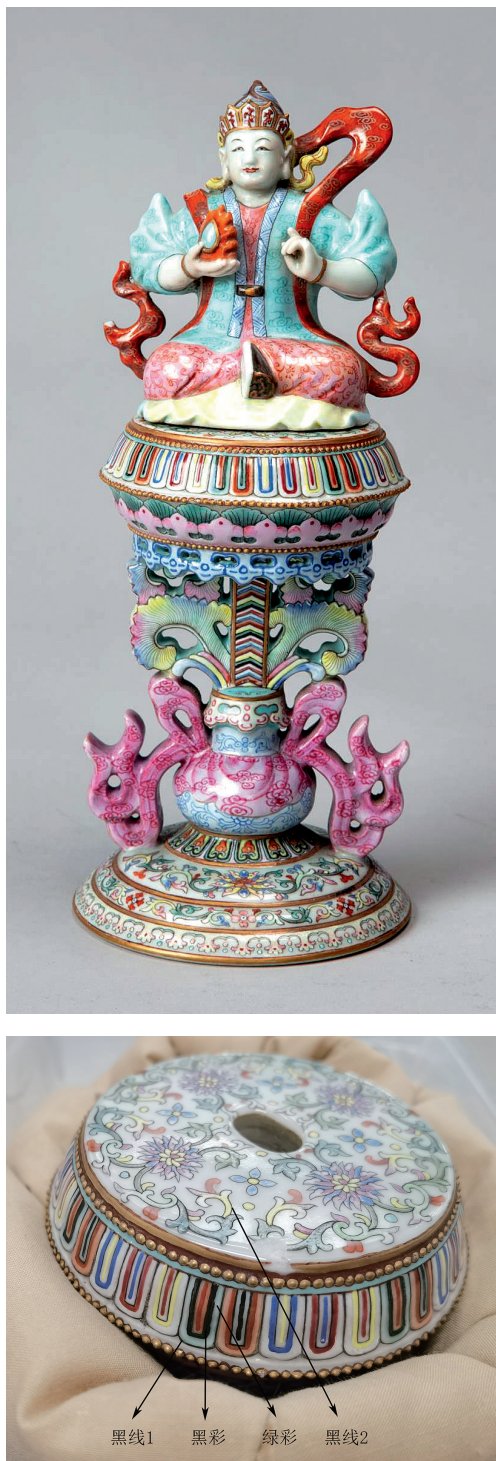
7. 黑色釉彩的原料

在对明清时期瓷胎黑色釉彩的分析中，我们虽仅用了十个不同时期的典型样本，但却非常幸运得到了不同的元素组成结果。

关于非线条部位的黑色釉彩，从6个明清不同时期样品的分析结果中，我们可知其组成主要分为两类：一类含有大量的PbO和SiO<sub>2</sub>，着色元素为锰、铁、钴、铜，这种方式黑色釉彩的组成与中国传统的低温色釉及釉上彩相近，着色方式为青花料混合在含铜的低温釉彩原料及叠加含铜的低温釉彩原料；另一

〔1〕 刘良佑《故宫所藏珐琅器的研究》，台北故宫博物院，1976年，第56页。  
〔2〕 杨玉洁、王光尧、雷勇《瓷胎画珐琅的彩绘工艺研究——以故宫南大库出土雍正款珐琅彩黑地梅竹碟的彩绘复原为例》，《故宫学刊》总第二十三辑，故宫出版社，2022年，第481—490页。

〔图十四〕清粉彩瓷七珍（女宝）及分析点示意图



类的PbO含量则较低，其他助熔剂含量增加，亦含有一定量的硼元素，具有清初从西方进口珐琅料的元素特征。着色元素上，没有铜元素，主要为锰、铁、钴元素。在两类黑色釉彩的呈色效果中，采用青花料叠加绿彩的黑色釉彩因含铜量较高，因此呈现一定的墨绿色，高含铅量使得黑色釉彩折射率很高，具有很好的光泽性。而珐琅彩的黑地，由于铁的含量很高，在显微镜下黑色略偏褐色。

对于线条部位的黑色釉彩，明正统到天顺年间的3个样品与清代3个样品不相同。明代釉上黑线的主要着色元素为铁，而清代黑线的主要着色元素则为锰和钴。这一结果也导致黑线的外观呈色效果有着较为明显的差别，前者偏褐色，后者则黑色色泽饱满。值得一提的是在乾隆延趣楼内檐装修粉彩嵌片样品中，黑线的表达形式与同器物的黑彩一致，仅因为绿彩覆盖不够而呈现出浅褐色的效果。这与上面所说的清代黑线在原料、加工方式和呈色效果上是截然不同的。

整体而言，与低温釉陶的黑色铅釉相比，在瓷胎的黑色釉彩中，黑色的着色元素明显增加了钴这一元素，而且锰的含量并不低，这一结果让人不禁联想到国产青花料的组成特征。黑色釉彩的出现是否可能与青花料国产化存在某种关联？在明代釉下青花料从高铁低锰的进口青花料逐渐转变为高锰低铁的国产青花料的过程中，陶工们可能在釉上也进行了尝试，逐步将不同颜色釉彩料进行混合，最终得到了黑色釉彩。然上述结论仅停留在推测阶段，尚需多样品的数据支撑。

### （三）瓷胎低温黑色釉彩出现及发展

#### 1. 黑色釉彩的出现

中国的釉上彩瓷起源于磁州窑，元代传播到景德镇，于明清两朝迅速发展。元代至明代早期，釉上彩的颜色主要以红色、绿色、黄色为主，同时还有金色。宣德时期紫彩的出现，丰富了釉上彩的颜色，成化时期的斗彩，色彩之色阶比前代扩大。嘉靖、万历时期大

明五彩与成化斗彩相比，图案花纹满密，色彩浓艳，采用黑线勾描纹样轮廓来代替釉下的青花勾线。

元代至明代初期，红绿彩等釉上彩瓷沿袭宋金时期磁州窑的做法，采用红色勾线、黄绿二色填彩，

即所谓的“画红点绿(黄)”的做法<sup>〔1〕</sup>。在宣德时期，釉上彩部分的纹饰会在坯胎上刻画出极细的轮廓线，再完成釉上填色。青花与釉上彩同时存在的器物，以青花来描画纹样，釉上填色均在青花线条之内。综合上述明代早中期釉上彩瓷的发展可见，从单一的釉上红彩、红绿彩、青花矾红彩、青花填黄填红，发展到斗彩、青花五彩，釉上彩的轮廓主要由红彩料、胎体刻出的轮廓线和釉下青花来承担，尚没有需要釉上黑彩来勾勒线条纹样的需求。直至嘉靖时期，大明五彩采用黑彩代替青花勾线，釉上黑彩才较大规模得以应用。实物显示釉上黑彩主要用于纹样勾线、眼睛等处。〔图十五〕列出了明代不同时期釉上彩纹饰眼睛处用料的差别。

关于黑色釉彩的出现时间，随着考古成果的整理与发表，结合本文的测试分析，目前最早的黑色釉彩见于明代正统至天顺年间。从这一时期御窑厂出土器物来看，绿彩采用了黑色勾线，分析结果显示这种黑线采用了一种铁含量很高的原料以及含锰和钴的原料，我们推测这两种原料为矾红彩和青花料。从某种程度上来说，这是在元和明早期矾红彩勾线的基础上，尝试性加入了青花料。受原料的限制，这种黑线色偏褐色。而明成化年间，工匠们在素三彩鸭形香熏上展开进一步尝试，将绿彩料与青花料进行混合，得到了发色纯正的黑色。自此，黑色釉彩就与绿色釉彩和青花料产生了紧密的联系。

综上所述，黑色釉彩的出现可能不晚于明正统至天顺年间，在成化年间发色较好，但其真正被大规模使用，则是在明嘉靖、万历年间，主要用于大明五彩器物上。

值得提及的是，20世纪的《中国陶瓷史》和《中国科学技术史—陶瓷卷》等著作中，黑色釉彩的出现时间都被认为是清康熙时期。《中国陶瓷史》一书中提到“康熙五彩的一个重大突破是发明了釉上蓝彩和黑彩”“而康熙时期的黑彩有黑漆的光泽，衬托在五彩的画面中，更加强了绘画的效果”“釉上黑彩主要用于勾勒枝叶的轮廓和叶脉等”<sup>〔2〕</sup>。从这些描述中可以看出，康熙五彩中釉上黑彩与明代类似，并非新的突破。这种描述与认识可能是因为康熙五彩为清代釉上彩瓷的一个亮点，康熙五彩备

〔图十五〕明代不同时期釉上彩瓷眼睛处不同颜色彩料对比  
宣德(上，釉下青花料)、成化(中，釉下青花料)与  
嘉靖(下，釉上黑彩料)



〔1〕 前掲江建新《中国釉上彩瓷史略》，第26、30页。

〔2〕 中国硅酸盐学会《中国陶瓷史》，文物出版社，1982年，第423—424页。

受关注，人们在关注到釉上蓝彩的同时，也注意到了这些黑色线条。黑漆的光泽可能是因为釉上黑彩常在绿色的枝叶旁，采用了绿彩叠加青花料的方式。

## 2. 进口料的影响及不同的呈现方式

在明代或者清代早期，勾勒线条的黑彩采用绿彩叠加青花料的方式，绿彩未覆盖可能会使得线条的颜色变成浅黄棕色，这种绘制方式导致黑线的最终呈色效果不够稳定。康熙晚期，随着西方珐琅彩的引进，黑色珐琅料随之一起进入中国，并应用于珐琅彩瓷器的制作中。进口珐琅料由于采用了预熔发色处理，使得彩料在烧制后颜色不会发生变化。雍正六年，怡亲王交来的各色珐琅料中包含了黑色彩料，表明黑色珐琅彩料已经完成了技术吸收与本土化的转变<sup>〔1〕</sup>。受进口珐琅料及预处理方式的影响，在一些珐琅彩及粉彩瓷器上，黑色釉彩的釉料及其预处理方式发生了变化，不再受绿彩覆盖与否的影响，表现出稳定的着色。如本文中雍正黑地梅花珐琅彩瓷碟、乾隆红地开光牡丹纹粉彩瓷碗和清粉彩瓷七珍(女宝)。但这种原料的特点是铅含量低，黑彩的光泽度低。所以在釉上彩中多用于线条部位。

从清雍正时期开始，中国传统低温黑色釉彩及源于进口珐琅彩料的黑色釉彩这两种黑色釉彩的原料与工艺共存于釉上彩瓷中，两种原料和工艺给乾隆时期釉上黑彩提供了更多选择。红地开光牡丹纹粉彩瓷碗，其釉上黑彩(黑色线条)的组成与雍正时期的珐琅彩黑色线条基本一致，呈色的稳定性强，黑彩的处理方式与传统的国产釉上彩料不同，经过了预熔发色处理。故宫廷趣楼内檐装修粉彩瓷装饰嵌片，釉上黑彩是通过珠明料叠加绿彩而来，这种黑彩釉料的组成和着色方式，更像是源于明成化的三彩鸭形香熏，或极大可能源于中国本土的彩瓷发展。值得注意的是，红地开光牡丹纹粉彩瓷碗纹饰包含西洋巴洛克风格，故其黑色釉彩与进口料或其预处理方式类似；而延趣楼内檐装修粉彩瓷装饰嵌片则更明显具有典型的中国特色，其原料和着色方式更贴近于本土的低温色釉和釉上彩。这也侧面肯定了这一时期工匠们对上述提到的两种黑彩的原料、预处理方式、绘制方式及最终的呈现效果都已经熟知。在此基础上，工匠也会根据器物的纹饰风格，选择合适的原料与工艺去呈现预期的黑彩效果。

## 四 结论与展望

综合上述讨论，笔者认为低温黑色釉彩具有以下特征：

(1) 陶胎的低温黑色铅釉含有大量的 $\text{PbO}$ 和 $\text{SiO}_2$ ，呈色基本由锰、铁、铜三种元素混合着色。低温黑色铅釉从元代起，其原料及配方可能一直未发生明显的变化。

(2) 明清时期瓷胎上的低温黑色釉彩组成主要分为两类：一类含有大量的 $\text{PbO}$ 和 $\text{SiO}_2$ ，着色元素均为锰、铁、钴、铜；另一类则 $\text{PbO}$ 含量低，其他助熔剂含量升高，着色元素为锰、铁、钴。

(3) 相比于陶胎的低温黑色铅釉，瓷胎黑色釉彩的着色元素中多了钴元素，推测与国产青花料被尝

---

〔1〕 中国第一历史档案馆、香港中文大学文物馆合编《清宫内务府造办处档案总汇》第3册，人民出版社，2005年，第626页。

试应用于釉上有关。

(4)瓷胎上的黑色釉彩的出现不晚于明代正统至天顺时期，成化时期呈色较为纯正，但其大规模使用还在于明嘉靖、万历时期。受大明五彩风格特点所致，黑色釉彩用于勾勒纹饰。

(5)结合器物分析可知，中国传统的黑色釉彩采用的材料为国产青花料叠加或混合绿彩的原料，叠加效果上呈现黑色带墨绿色彩。

(6)清康熙年间，黑色进口珐琅料进入我国，这种采用熔融发色的预处理方式，不仅在原料上与中国传统的低温黑色釉彩存在差异，并且发色效果也不一样。随着进口料本土化，两种黑色釉彩的原料与工艺共存于釉上彩瓷中。

总之，本文所分析的瓷胎黑色釉彩案例仍然较少，得出的推论难免不够严谨。希望本文能抛砖引玉，引起更多学者对此问题的关注，测试更多的案例，以进一步验证和优化本文的初步结论。

[作者单位：段鸿莺，北京科技大学科技史与文化遗产研究院、故宫博物院古建部；

段佩权，故宫博物院文物保护标准化研究所；

杨玉洁、纪东歌，故宫博物院文保科技部；

王光尧，故宫博物院器物部；

翁彦俊，景德镇御窑博物院；

潜伟，北京科技大学科技史与文化遗产研究院]

(责任编辑：袁怡然)