

文章编号: 1005-1538(2025)03-0099-12
DOI: 10.16334/j.cnki.cn31-1652/k.20240603275

明代成化斗彩色料烧成工艺的试验考古学研究

朱佳懿¹, 江建新², 刘朝晖¹

(1. 复旦大学文物与博物馆学系, 上海 200433; 2. 景德镇御窑博物院, 江西景德镇 333000)

摘要: 成化斗彩瓷器在中国彩瓷史上具有举足轻重的地位。其斗彩工艺在传承前朝精湛技艺的同时, 不断发展创新, 达到超凡境界, 并为清代的釉上粉彩技术奠定了重要基础。为探讨明代成化斗彩瓷器的红彩、黄彩与绿彩烧成技术等古今工艺问题, 通过现代电炉与古法红炉的大量烧制试验, 在宏观与微观角度分析推断斗彩瓷适宜的烧成温度、时长、升温曲线、氛围等。对烧制试验过程中出现的各类烧成技术缺陷进行反思, 总结成化斗彩釉上彩烧成时间在6 h以上, 温度在780~800℃的纯氧化氛围中发色最佳。

关键词: 成化斗彩瓷器; 斗彩色料; 釉上彩烧成技术

中图分类号: K876.3 **文献标识码:** A

0 引言

明代作为我国古代彩瓷发展的重要阶段, 在彩瓷生产工艺方面取得了长足进步, 呈现出百花齐放的盛况。而在明代的众多彩瓷产品当中, 斗彩瓷器作为一种釉上彩与釉下青花兼容的特殊釉彩瓷器形式, 以其独特的艺术魅力占据着明代彩瓷的一席之地。

斗彩的工艺流程是在成型胎体上先以青花勾勒轮廓线, 上透明釉后高温烧制, 再于釉上加彩, 形成完整图案后放入低温烤花炉内烧制。斗彩色料, 即低温釉上彩色料, 主要由着色剂和溶剂组成, 其熔融温度较低, 约在700~850℃之间。

江建新^[1]在《中国釉上彩瓷史略》中表明: 宣德五彩的成功创烧标志着中国釉上彩技术的成熟; 正统时期的斗彩大都承袭宣德时期, 此时已开始大量生产彩瓷; 成化时期斗彩绘画题材更加丰富, 颜色也更加缤纷绚丽。斗彩瓷器的理化分析研究方面, 在胡东波等^[2]所著的《景德镇明代御窑遗址出土瓷器分析研究》中, 景德镇御窑厂出土的明代瓷片的胎质、釉面等成分通过科学技术手段进行了检测, 从而推断珠山御窑厂遗址出土瓷片的落选原因。

成化斗彩作为彩瓷史上承前启后的一环, 其色

料烧成工艺方面还存在着可以挖掘的可能性。笔者试图通过进一步的探索, 对明代成化斗彩瓷器进行釉上工艺复原的模拟考古试验, 最终综合探讨明代成化时期斗彩工艺达到鼎盛的原因。通过研究成化斗彩色料工艺, 可以更好地了解中国陶瓷传统工艺, 传承中华优秀传统文化与工匠精神——这也是陶瓷史不可或缺的一部分。

1 材料与方法

本研究通过现代电炉与传统红炉双重试验探讨成化斗彩瓷釉上部分适宜的烧成温度、时长、升温曲线、氛围等; 并借助DINO显微镜, 对传统红炉试验烧成的照子进行显微成像对比, 推断传统红炉烧制斗彩的时长。

1.1 试验材料

明代成化斗彩色彩丰富, 本研究选用红料、黄料、绿料三种斗彩色料, 借助现代电炉初探烧成的温区, 再通过传统红炉试验, 模拟古法烧成, 探究色料烧成的最佳时间及氛围。

1.2 试验方法

试验采用的现代电炉为小型间歇式电炉, 耐火温度为1000℃。根据釉上彩烧炉师傅传授的经验, 烧制前一两个小时为避免胎体升温过快而导致惊裂, 需预热慢烧, 且炉盖微掩不闭合。控制初始炉内

收稿日期: 2024-06-16; 修回日期: 2024-08-13

作者简介: 朱佳懿(1998—), 女, 复旦大学2021级硕士生, 文物与博物馆学系, 研究方向为文化遗产, E-mail: 2464745175@qq.com

通信作者: 刘朝晖(1969—), 男, 教授, 研究方向为古代陶瓷, E-mail: zhliu@fudan.edu.cn

温度为 20℃,当炉内温度达到 300℃ 以上,可适当加快升温速率,至温度达到 500℃ 后,炉盖上层铺一层保温砖,盖面封顶。温度达到预定要求自动跳闸,约 0.5 h 后,拿掉顶部保温砖,炉盖闭合状态下,室温自然冷却一夜,待第二日开启炉盖。通过控制变量的方法,调节电炉的电压,设定不同试验温度,或改变烧成时间,得到不同的试验照子,进而对比分析讨

论最佳温度与时间。

试验采用的传统红炉的烧成方式与电炉虽原理一致,但烧制过程较为困难繁琐,且明代的烤花炉未有明确的考古发掘遗迹。为此笔者特访了景德镇红炉非遗传承人过小明,在他的釉上彩作坊中,笔者有幸找到了其复原的“红炉”(图 1),即文献记载的“暗炉”^[3]。



(a) 红炉全貌

(b) 红炉投炭处

(c) 红炉俯瞰图

(d) 红炉筒匣内部

图 1 传统红炉

Fig. 1 Traditional red stove

据他介绍,复原的传统红炉为直立圆筒形,高 1.0 m 左右,直径大约 0.6 ~ 1.0 m,其外围由老窑砖和耐火泥搭建而成。由于红炉在烧制的过程中直接面临炭火,需经历 800 ~ 1 000℃ 左右的温度,一般的普通窑砖耐受不住高温,而老窑砖在窑内经过反复高温烧成以后,其坚硬程度比一般耐火材料或者红砖强很多。炉内置一大筒匣,与外壁形成夹层,留有一定的空隙用于投掷木炭燃料,为隔焰式烧成法,木炭烧到一定程度时,需用火钳将烧成灰的木炭往下沉,以便持续投入新的木炭保证炉内温度的稳定,外墙下部有六孔或八孔的炭灰出口。木炭在墙体和匣钵空隙间填满后,在匣钵的盖子上面也需要铺满木炭,最后表面用耐火黄泥封护。

后阶段烧顶火需要使用一个木制的锅盖,锅盖有一个小型观火眼,通过锅盖的眼对上炉膛盖的眼,观察炉内的火色以及均匀程度,当色料完全熔融即可歇火,待其自然冷却后开炉。

在烧制前,需准备木炭、耐火窑砖、匣片、木制锅盖挡板、火钳、簸箕、劳保手套、支架、老土子,以及已上彩的试验照子。

2 结果与讨论

2.1 电炉试验

根据上述烧炉时间节点,第一组设定烧成时间为 2 h,共设置 400、600、700、780、800 和 880℃ 六项不同烧成温度的电炉试验。在第一小时均以

5℃/min 的速率,温度平缓上升,第二小时分别根据最终温度减缓或提高升温速率。据此绘制升温曲线图(图 2)。

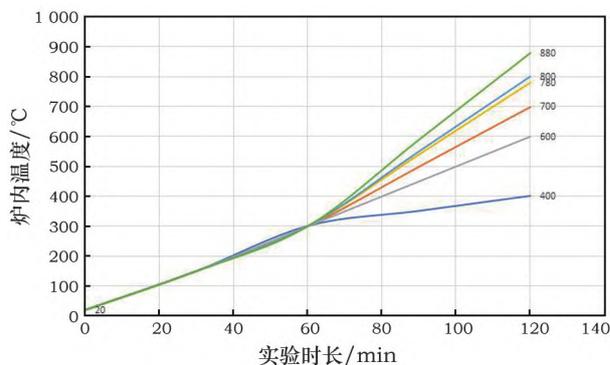


图 2 不同温度设置下电炉在 2 h 中的升温曲线图

Fig. 2 Heat-up curves of the electric furnace within two hours at different temperature settings

2.1.1 红料 《江西省大志·陶书》^[4]记载:“用青矾炼红,每一两用铅粉五两,用广缪合成。”将按照氧化铁红:铅白 = 1:5 (质量比) 古法配制的红料,在上彩后放入电炉中,根据上述升温曲线分别尝试 400、600、700、780、800 和 880℃ 的烧成温度,烧成后约 0.5 h,拿掉顶部保温砖,炉盖闭合状态下,室温自然冷却一夜,待第二日开启炉盖。

经过六组温度烧出的红料照子,整理后的情况如表 1 所示。经对比可得:400℃ 以下的低温烧成的红料易剥落;600℃ 以上不易掉落且发色较稳定;

780~800℃时红彩的发色最为艳丽;880℃及以上颜色暗淡,有铅光晕散。红彩笔触感较强,入炉前和烧

成后笔触感区别不大,且薄涂发色更鲜艳,厚涂颜色较暗甚至发黑。

表1 红彩在400、600、700、780、800和880℃时厚涂与薄涂的发色情况

Table 1 Development of the red colors for thick and thin coatings at 400, 600, 700, 780, 800 and 880℃

上彩技法	发色情况					
	400℃	600℃	700℃	780℃	800℃	880℃
厚涂						
薄涂						

根据上述试验可知,在烧成时间为2h的条件下,780~800℃的温度区间更有益于矾红的发色。为证实文献对矾红配方的记载,笔者尝试将配料按不同比例(氧化铁红与铅白以1:0、1:1、1:2、1:3、1:4、1:5、14:86、1:7和1:8的质量比混合)配制,并以点、线勾勒以及平涂的方式上彩,入炉内设定烧成时间2h,烧成温度800℃,且其余条件保持不变,烘烤待自然冷却后取出。

1:0、1:1、1:2、1:3配制的红料黏附性极差,特别是1:0的色料一碰就掉,且上彩时很难平涂于瓷釉表面;1:4的色料开始趋于稳定,但颜色木讷偏暗红,光泽感弱;1:5的色料发色最鲜艳;往后的配比颜色偏暗淡的枣红色,均开始泛铅光,绘制线条更加流畅清晰,但1:7与1:8的矾红色彩又趋于木讷。本组试验也验证了按古文献记载的生红:铅白=1:5(质量比)配方与近现代矾红彩生红:铅白=14:86(质量比)配方烧成发色最为精妙。

由表2对比九组配方烧成的照子可得:按照

表2 红彩在不同配方、不同上彩技法下的发色情况

Table 2 Development of the red colors using different formulas and coloring techniques

铁红:铅白 (质量比)	发色情况			
	厚涂	薄涂	点	线
1:0				
1:1				
1:2				
1:3				
1:4				

(续表 2)

铁红: 铅白 (质量比)	发色情况			
	厚涂	薄涂	点	线
1:5				
14:86				
1:7				
1:8				

2.1.2 黄料 殷弘绪信中谈到配制黄料,“至于黄色颜料,人们将一两铅白里加入三钱三分的石子粉末以及一分八厘纯粹的未与铅白相混合的红颜料。另外一名工人曾告诉我,如果想配制出漂亮的黄色,他会加入两分半的纯红色料”^[5]。同时代《南窑笔记》中记录“纯质红料”即为“矾红”,红料无疑是黄料的前身,只是黄料在“纯质红料”的基础之上又加入了第三种物质——石子粉末。

石子粉末即石英粉,主要成分为二氧化硅,常含有少量的杂质成分,如氧化铝、氧化铁、氧化钙、氧化镁等,是低温色釉的主要原料之一,能够与助熔性很强的铅料结合,在烤花炉中烧制出五光十色的玻璃铅釉。将加工好的石英粉与铅白、纯红料按 0.33:1:0.018 的质量比混合研磨均匀,即可得到古法黄料。

现代黄料与古法黄料略有差异——在古法配方

的基础之上又加入了青铅、牙硝、重铬酸钾,其配比为老黄: 矾红: 雪白 = 19.8: 1.0: 79.2(质量比),其中老黄的配比为青铅: 石末: 牙硝: 重铬酸钾 = 46.4: 46.4: 7.0: 0.2(质量比)^[6]。

试验选用现代黄料,与上述红料一般,控制烧成时间为 2 h,其余条件不变。按照升温曲线(图 2),分别对应 700、780、800 和 880℃ 为设定温度,进行四项烘烧试验。

烧成的照子如表 3 所示,经对比可得:700℃ 温度过低,彩釉表面易出现开片和细密的小气泡,表面干涩无光泽感,色彩沉闷浑浊,似雾面感;780 ~ 800℃ 发色较好,色彩明亮清透,无明显气泡与开片;880℃ 温度过高,色彩略微变淡,且色料边缘融化晕散出现铅光。因此对黄彩而言,780℃ 以后,温度越高颜色越淡,适当提高温度可增加色彩透明度。

表 3 黄彩在 700、780、800 和 880℃ 时厚涂与薄涂的发色情况

Table 3 Development of the yellow colors for thick and thin coatings at 700, 780, 800 and 880℃

上彩技法	发色情况			
	700℃	780℃	800℃	880℃
厚涂				
薄涂				

2.1.3 绿料 殷弘绪信中还提及配制绿料,“一两铅料中添加三钱三分卵石粉和大约八分至一钱铜花片研磨而成。据我掌握的情况,这种东西可能是最纯的铜粉”^[5]。

现代绿料配方与古代的大同小异,只是在色料中又加入了较少量的老黄,大绿的配比为氧化铜:石英粉:铅粉:老黄 = 5.6:22.8:68.8:2.8(质量比)^[6]。烧前的料浆为铁灰色,在升温过程中会逐渐向灰绿色转变,烧成冷却后为透明深绿色。在古大绿的基础之上,明成化时期延伸创新出了水绿与苦绿等新色阶的绿色,根据殷弘绪在信件中的记载,“绿色与白色相混合,例如一份深绿色颜料加入两份白色颜料,将它们混合均匀后,即可配制出明净的水绿色。绿色与黄色相混合,例如两份深绿色颜料中加入一份黄色颜料,混合均匀后便能得到宛如褪色叶子一般的果绿色”^[5]。通过不同比例颜色的混合能配制出多样的色调,增加了色彩的丰富程度,也为后世的色彩创新提供了灵感。现代绿料继承古法的传统,配制出众多色阶。淡大绿的配比为古大绿:雪白 = 1:1(质量比),深水绿的配比为雪白:古大绿 = 88.9:11.1(质量比),淡水绿的

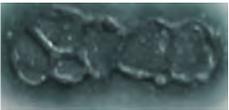
配比为雪白:古大绿 = 94.2:5.8(质量比)。这三种色料在烧成前为深浅不一的灰色,烧成后呈现出不同程度深浅的绿色。而现代苦绿的配方中除加入了古黄外,还加入了矾红料,其配比为老黄:矾红:雪白:古大绿 = 18.9:0.9:56.6:23.6,烧成前为灰红色粉末,颜色随温度升高而加深,烧成冷却后显现出透明的黄绿色^[6]。根据上彩的需求,再于基础色调中加入不同比例的雪白又可得到不同深浅的苦绿色。

试验采用现代大绿色料,与上述红料一般,控制烧成时间为2 h,其余条件不变。按照升温曲线(图2),分别对应700、780、800和880℃为设定温度,进行四项烘烧试验。

烧成的照子如表4所示,经对比可得:700℃温度过低,彩釉表面易出现开片和起泡,且色彩沉闷浑浊,釉层表面干涩不透亮;780~800℃发色较好,色彩明亮清透,无明显气泡与开片,部分绿彩800℃有轻微铅融化扩散现象;880℃温度过高,色料边缘融化铅光晕散开来,颜色木讷。因此对绿彩而言,温度越高颜色越淡,适当提高温度可增加色彩透明度。

表4 绿彩在700、780、800和880℃时厚涂与薄涂的发色情况

Table 4 Development of the green colors for thick and thin coatings at 700, 780, 800 and 880℃

上彩技法	发色情况			
	700℃	780℃	800℃	880℃
厚涂				
薄涂				

由上述试验可知,红料、黄料和绿料最佳发色温度是在780~800℃,故选取780℃作为固定温度,烧炉全程保持匀速升温,其余外界条件均不发生变化,设置烧成时间为2、4和6 h的三组试验。冷却后取出照子根据表5~表7对比可知:

1) 烧成时间为2 h的黄彩与绿彩试验照子发色较为浑浊,颜色沉闷,且起泡与开片较多,尤其是上彩较厚区域,甚至部分色料中的呈色颗粒还有未完全融化的情况;红彩颜色略显木讷,无艳丽色泽,上彩较厚的红彩未烧熟,表面有龟裂掉渣现象。

2) 烧成时间为4 h的黄彩与绿彩试验照子发色透明度较高,发色更加艳丽清透,即便是上彩较厚

区域,极少部分有表面起泡现象,开片较少;红彩鲜艳绚丽,表面有轻微金属光泽,较厚的红彩不再有龟裂痕迹,但色彩较深,铅光明显。

3) 烧成时间为6 h的黄彩与绿彩试验照子发色较4 h的更加具有玉润感,上彩较厚的区域表面也无开片与起泡现象;6 h烧成的红彩照子与4 h烧成的照子发色略同,薄涂的红彩发色鲜艳明丽,表面有淡淡金属光泽,厚涂的红彩色彩较深,偏向枣红色或红褐色,泛明显铅光。据填彩师傅传授的经验,红彩一般均为薄涂,上彩厚重不易于红彩的发色,且很难烧熟,即便烧熟色彩也达不到预期效果。

表 5 红彩在 780℃、不同烧炉时间下厚涂与薄涂的发色情况

Table 5 Development of the red colors for thick and thin coatings at 780℃ and with different firing duration

上彩技法	发色情况		
	2 h	4 h	6 h
厚涂			
薄涂			

表 6 黄彩在 780℃、不同烧炉时间下厚涂与薄涂的发色情况

Table 6 Development of the yellow colors for thick and thin coatings at 780℃ and with different firing duration

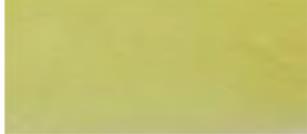
上彩技法	发色情况		
	2 h	4 h	6 h
厚涂			
薄涂			

表 7 绿彩在 780℃、不同烧炉时间下厚涂与薄涂的发色情况

Table 7 Development of the green colors for thick and thin coatings at 780℃ and with different firing duration

上彩技法	发色情况		
	2 h	4 h	6 h
厚涂			
薄涂			

综合来说:相同温度,特别是上彩较厚的情况下,黄彩与绿彩烧成时间长,反应速率慢,烧成时长需 6 h 左右甚至更久,颜色发色更清透纯净;红彩更宜薄涂,烧成时长达 4 h 即可得到美艳的红色。

经过上述电炉烧制试验,笔者得出了烧炉前期准备的些许经验教训:

1) 若研磨的色料反复使用,需在色料研钵上方盖一玻璃片封护,防止灰尘落入其中。填彩完

毕后在色料阴干过程中也要避免落灰,灰尘会导致釉上彩表面缩釉。倘若在上彩前对色料研磨不充分,上彩阴干后的色料表面会出现细小的颗粒物,这将会导致烧成后的色釉不平或起泡留下细小凹坑。

2) 色料的标水掌握极为重要。标水,即景德镇陶瓷彩绘俗语中的一种技法,用于调整颜料的浓稀程度,过浓或过稀都会导致色料在阴干后开裂,继

而导致入炉烧成后的釉色品相不佳,存在开裂、缩釉、整片釉层掉落等现象。另外,胶水颜料调配标水时,以红彩为例,若胶水掺入过多,会使得色料的料性变硬,烧成后胶料极易脱落。

3) 当色料填得稍厚时,若遇上烤花炉内急速升温,色釉表面就会起泡(图3),因此必须保证升温曲线正常合理,特别是在400℃之前不可急躁升温,烧炉结束后不可急躁冷却。



图3 由于前1 h 急躁升温导致不同色阶绿彩表面的起泡现象

Fig.3 Blistering on the surface of different shades of the green colors due to the sharp increase in temperature during the first hour

烧制釉上彩的每一道工序都需格外谨慎,这也为后续红炉烧制试验提供了宝贵的经验。

2.2 传统红炉烧制

由于传统红炉烧成时间较长,烧成速率更慢,故红炉烧成试验设定2、4、6和8 h 四组时间,不同烧成时长的升温曲线见图4。

从烧成品照子发色的情况来看,烧成时间愈长,釉面发色愈加水润透亮。与相同温度和时间的电炉烧成品对比,红炉烧成的试验照子发色更加莹润饱满,肉眼几乎看不到釉内气泡,色彩更纯净,无色料颗粒感,与白釉贴合更佳(图5)。通过对比两者升温曲线,推测可能是由于红炉在每一次的投炭升温过程中都会经历30~60℃小范围的温度回落,即在加入木炭时,木炭首先会吸收炉内一部分热量,为后续燃烧积蓄能量,当木炭开始释放热量时,温度开始缓慢回升,温度曲线呈螺旋上升,

景德镇传统烧炉师傅称之为“熬火”。电炉烧炉温度则是持续上升的直线走势,温度达到设定值即自动跳闸;而红炉在达到预期温度后,虽撤离了部分炭火,但依然留存少许底部未完全燃烧的木炭,冷却较电炉更加缓慢。

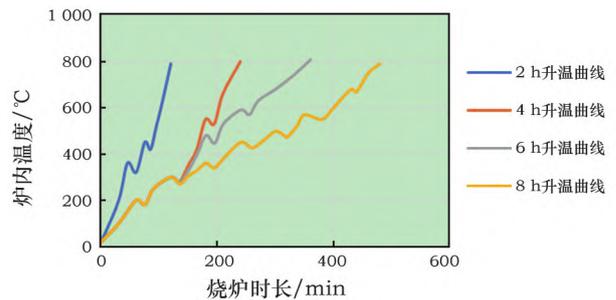
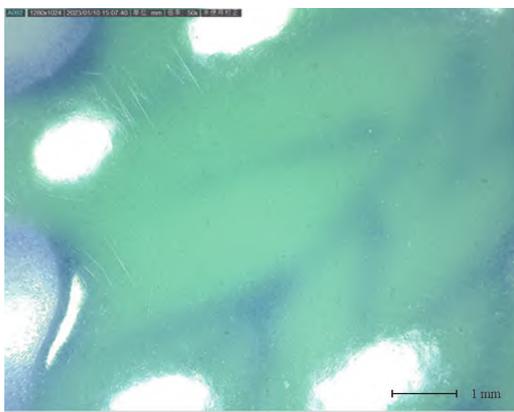
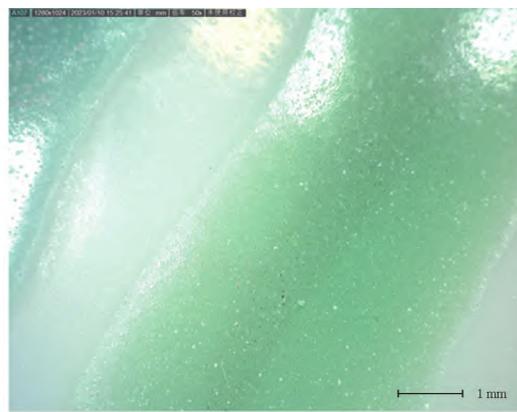


图4 红炉2、4、6和8 h 升温曲线图

Fig.4 Temperature rise profile of the red furnace for 2, 4, 6 and 8 hours



(a) 红炉



(b) 电炉

图5 相同条件(780℃、6 h)下红炉与电炉的烧成色釉对比

Fig.5 Comparison of electric furnace - and red furnace - fired color glazes under the same conditions (780℃, 6 h)

釉面发色欠佳的情况在试验过程中也难免出现,多数为绿彩发灰或发黑。在平行对比色料、烧成温度、时间、氛围等因素后,推测可能是由于火眼盖开合状态不同引起炉内缺氧、筒匣内存在还原气氛导致的。为证实这一推测,笔者尝试在还原氛围,即火眼完全闭合的状态下,进行一组烧制试验。

此组烧制试验的温度设定在 780°C ,烧成时间设定为6 h,温度达到设定值后撤离周围炭火,自然冷却到室温。此组试验所得照子发色情况如下:红彩无光泽,呈色发黑或深褐色(图6);黄彩受影响较小,有明显玻璃质感,呈色较鲜艳明亮,但与氧化氛围烧成的光彩相比,色泽偏灰暗,有明显黑色颗粒状,且边缘呈灰色(图7);绿彩暗淡干涩,无玻璃质感,呈色偏灰黑,或隐约透出绿色,或隐约透出红色(图8),与景德镇御窑博物院藏明成化斗彩残片(图9)和景德镇陶瓷考古研究所藏明成化斗彩云龙纹杯(图10)中的绿彩色泽吻合。这一试验成功证实了在缺氧条件下,炉内存在还原气氛,釉上彩色泽会受到严重影响,除黄彩外,红彩与绿彩均出现发灰或发黑的现象,且在高温还原氛围中,红彩中的氧化铁红部分还原为铁单质,绿彩中的铜绿部分还原为铜红。



从左至右:前两种为自配,配比分别为生红:铅白=1:5、14:86(质量比);后四种均购于景德镇马鞍山釉上彩颜料店

图6 还原气氛下红彩试验照子的发色情况

Fig. 6 Development of the experimental red colors in the reducing atmosphere

在《明代成化御窑瓷器:景德镇御窑遗址出土与故宫博物院藏传世瓷器对比》中有一件故宫博物院藏明成化斗彩果树小鸟图高足杯(图11)^[7],其叶子装饰部位被定义为紫彩,通过与另一件景德镇陶瓷考古研究所藏相同纹饰成化斗彩高足杯(图12)进行仔细对比,可发现故宫博物院藏高足杯上的果实纹饰隐隐透出黄色,与景德镇陶瓷考古研究所藏高足杯局

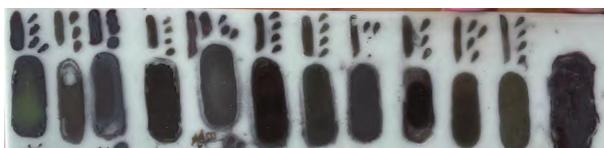
部果实色彩相吻合。再结合上述还原氛围下的色料试验,笔者认为这件器物应是经历还原焰后得到的产物,其在传世品过程中很可能经历了宫墙内的一场大火,这使其在高温还原氛围下呈现出整体灰黑的样貌,其叶片部位并非紫彩,而是由原先的绿彩装饰经还原焰二次烘烧并吸烟形成的灰褐色。



从左至右:前三种均购于景德镇马鞍山釉上彩颜料店;后两种为自配,配比分别为石英:铅白:生红=0.33:1:0.018、0.33:1:0.025(质量比)

图7 还原气氛下黄彩试验照子的发色情况

Fig. 7 Development of the experimental yellow colors in the reducing atmosphere



右起第一种为自配,配比为铅白:卵石粉:铜花片=1:0.33:0.08(质量比);其余均购于景德镇马鞍山釉上彩颜料店

图8 还原气氛下绿彩试验照子的发色情况

Fig. 8 Development of the experimental green colors in the reducing atmosphere



图9 景德镇御窑博物院藏明成化斗彩残片

Fig. 9 Ming Dynasty Chenghua Doucai fragment in the collection of Jingdezhen Imperial Kiln Institute

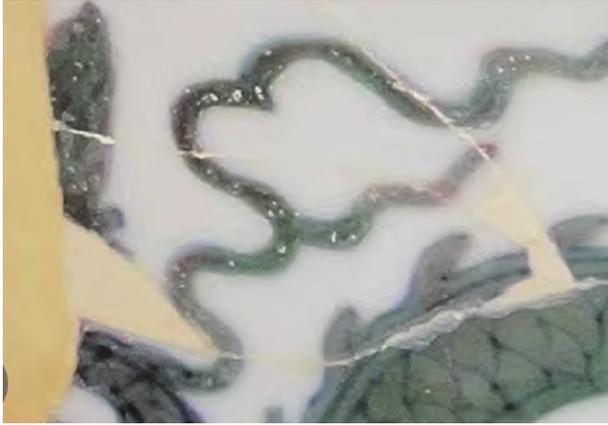


图10 景德镇陶瓷考古研究所藏明成化斗彩
云龙纹杯(局部)

Fig. 10 Ming Dynasty Chenghua Doucai cup with cloud
and dragon patterns (partial) in the collection of
Jingdezhen Ceramic Archaeology Research Institute



图11 故宫博物院藏明成化斗彩果树小鸟图高足杯

Fig. 11 Ming Dynasty Chenghua Doucai high-footed cup
with fruit tree and bird patterns in the collection
of the Palace Museum

2.3 红炉试验烧成品与标本显微成像对比

选取部分具有代表性的试验照子,在DINO LITE数码显微镜下放大5倍、100倍与200倍观察^[1],红炉试验烧成品与景德镇御窑厂遗址出土的明成化斗彩瓷器的显微图像^[2]对比分析结果如下。

以表8红炉烧成的红彩试验照子来看:烧成时间为2h的照子在显微镜5倍成像下灰斑明显,伴有较多未熔融颗粒,分布不均匀;烧成时间为4h的照子在显微镜放大100倍成像下灰斑略有减少,分布较为均匀,未熔融的颗粒物开始逐渐变小且变少;

随着后续试验烧炉时长增加,6h与8h两组试验的照子在显微观察下灰斑逐渐减少,红彩的色泽更加均匀纯净,颗粒感明显减少。与景德镇御窑厂遗址出土的明成化斗彩标本的矾红彩的显微图像进行对比,可大致推测出矾红彩在800℃炉温的情况下,烧成时间应在6h以上。

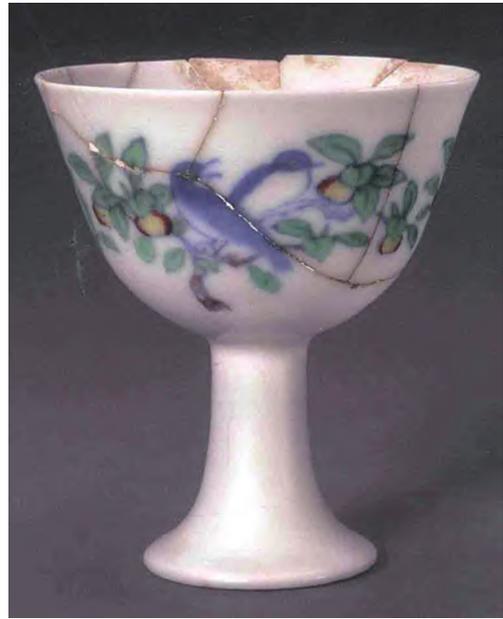


图12 景德镇陶瓷考古研究所藏明成化斗彩
果树小鸟图高足杯

Fig. 12 Ming Dynasty Chenghua Doucai high-footed cup
with fruit tree and bird patterns in the collection
of Jingdezhen Ceramic Archaeology Research Institute

以表9红炉烧成的黄彩试验照子来看:烧成时间为2h的照子在显微镜5倍成像下黑斑明显,气泡较大,色彩不均匀;随着烧炉时长增加,在显微镜5倍及100倍成像下,黑色斑点显著减少,气泡减少且变小,并开始出现明显的虹彩光,黄彩的色泽也更加水润透明。与景德镇御窑厂遗址出土的明成化斗彩标本的黄彩的显微图像进行对比,可大致推测出黄彩在800℃炉温条件下,烧成时间应在6h以上。

以表10红炉烧成的绿彩试验照子来看:烧成时间为2h的照子在显微镜5倍成像下黑斑明显,气泡较大,色彩分布非常不均匀;随着烧炉时长增加,在显微镜5倍、100倍及200倍成像下,黑色斑点融化,显著减少,气泡减少且变小,气泡密度变小,开始出现明显的虹彩光;烧成温度达到6h以后绿彩的色泽更加水润透明。与景德镇御窑厂遗址出土成化斗彩标本的绿彩的显微图像进行对比,可大致推测出黄彩在800℃炉温条件下,烧成时间应在6h以上。

表 8 不同烧成时长红彩的显微图像

Table 8 Micrographs of the red colors with different firing duration

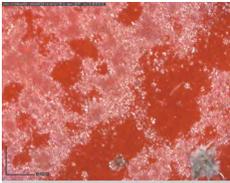
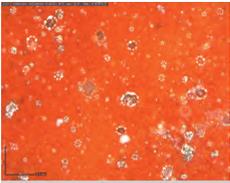
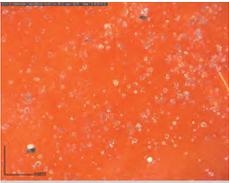
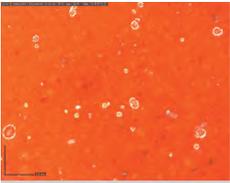
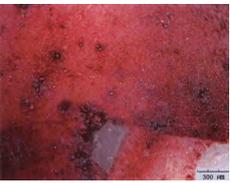
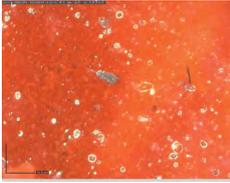
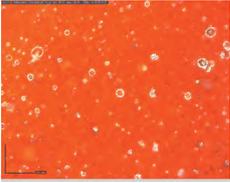
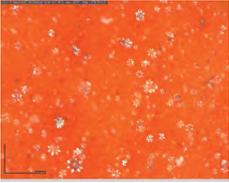
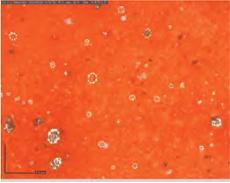
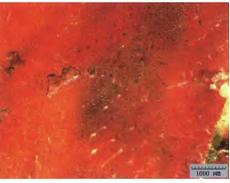
发色情况				
2 h	4 h	6 h	8 h	标本(存在黑点或黑斑)
				
放大 5 倍	放大 100 倍	放大 100 倍	放大 100 倍	
				
放大 5 倍	放大 100 倍	放大 100 倍	放大 100 倍	

表 9 不同烧成时长黄彩的显微图像

Table 9 Micrographs of the yellow colors with different firing duration

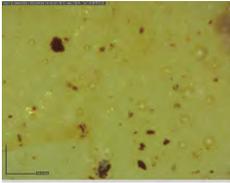
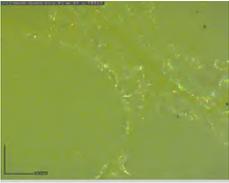
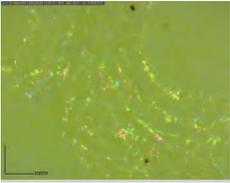
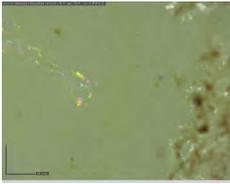
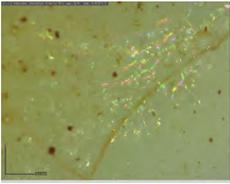
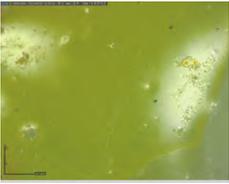
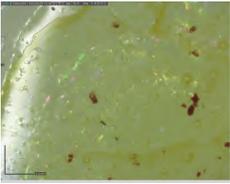
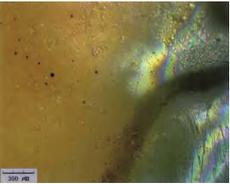
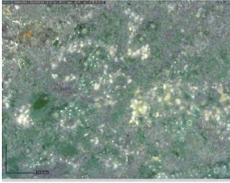
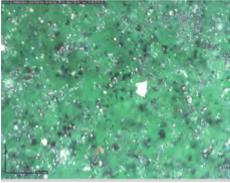
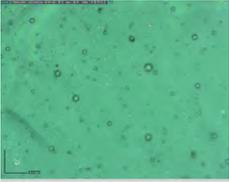
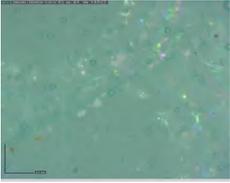
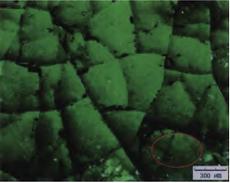
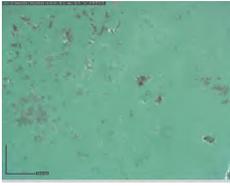
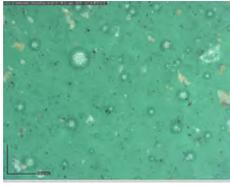
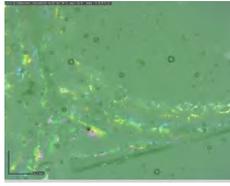
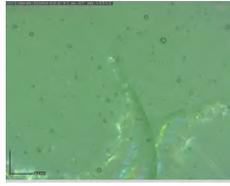
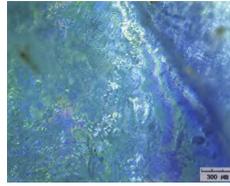
发色情况				
2 h	4 h	6 h	8 h	标本(黑点较少, 气泡细小)
				
放大 5 倍	放大 100 倍	放大 5 倍	放大 5 倍	
				
放大 5 倍	放大 100 倍	放大 100 倍	放大 100 倍	

表 10 不同烧成时长绿彩的显微图像

Table 10 Micrographs of the green colors with different firing duration

发色情况				
2 h	4 h	6 h	8 h	标本(气泡细小, 虹彩光明显)
				
放大 5 倍	放大 5 倍	放大 200 倍	放大 100 倍	

(续表 10)

发色情况				
2 h	4 h	6 h	8 h	标本(气泡细小,虹彩明显)
				
放大 5 倍	放大 5 倍	放大 200 倍	放大 200 倍	

3 结 论

通过电炉烧制试验,验证了古文献记载的生红:铅白=1:5(质量比)配方烧成发色最为精妙,且红彩、黄彩、绿彩三种色料烧炉时长在4 h以上,780~800℃时的发色最佳,黄彩与绿彩稍提温度可以增强透明度且烧成后色釉变浅。此外还可得出以下结论。

当炉内存在还原气氛时,易出现红彩无光泽、呈色发黑或深褐色,而绿彩暗淡干涩,无玻璃质感,呈色偏灰黑的情况;当炉内为纯氧化氛围、烧炉温度为800℃时,烧成时间愈长,釉面发色愈加水润透亮。

与相同温度和时间电炉烧成品对比,红炉烧成的试验照子发色更加莹润饱满,肉眼几乎看不到釉内气泡,色彩更纯净,无色料颗粒感,与白釉贴合更佳。通过对比两者的升温曲线,推测可能是由于红炉在每一次的投炭升温过程中都会经历30~60℃小范围的温度回落,温度曲线呈螺旋上升,保温性能更好,而电炉烧炉温度则是持续上升的直线走势。

在DINO LITE数码显微镜下观察发现:1)烧成时间为2 h的红彩照子在显微镜5倍成像下灰斑明显,伴有较多未熔融颗粒;烧成时间4 h以上照子在显微放大100倍成像下灰斑逐渐减少,红彩的色泽更加均匀纯净,颗粒感明显减少;与景德镇御窑厂遗址出土的明成化斗彩标本的矾红彩的显微图像进行对比,可大致推测出矾红彩在780~800℃炉温的情况下,烧成时间应在6 h以上。2)烧成时间为2 h的黄、绿彩照子在显微镜5倍成像下黑斑明显,气泡较大,色彩不均匀;随着烧炉时长增加,在显微镜观察下,黑色斑点显著减少,气泡减少且变小,并开始出现明显的虹彩光,黄、绿彩的色泽也更加水润透明;与景德镇御窑厂遗址出土明成化斗彩标本的黄、绿彩的显微图像进行对比,可大致推测出黄、绿彩在

780~800℃炉温条件下,烧成时间应在6 h以上。

致 谢: 特别感谢景德镇陶瓷大学吴军明老师、复旦大学文物与博物馆学系王荣老师提供的学术支持与帮助。感谢景德镇把桩非遗传承人胡家旺老师、景德镇元华堂向元华老师、景德镇红炉非遗传承人过小明老师、陶溪川瓷片标本博物馆罗国新馆长、景德镇御瓷坊李文生老师、景德镇厚森陶瓷洪润保老师、景德镇居和堂李胜老师、景德镇三和堂李继光老师、景德镇瑞窑汤景华老师、景德镇溪兰轩周棋稳老师、景德镇市公安局朱维老师对本研究的支持与帮助。同时借本文向景德镇的传统工匠师傅们致敬!

参考文献:

- [1] 江建新. 中国釉上彩瓷史略[M]. 北京: 文物出版社, 2015.
JIANG J X. History of Chinese overglaze decorated porcelain[M]. Beijing: Cultural Relics Press, 2015.
- [2] 胡东波, 张红燕, 刘树林. 景德镇明代御窑遗址出土瓷器分析研究[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
HU D B, ZHANG H Y, LIU S L. An analytical study of porcelain excavated from the imperial kiln site of Ming Dynasty in Jingdezhen [M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [3] 唐英. 陶冶图说[M]. 北京: 中国书店, 1993.
TANG Y. Taoye Tushuo[M]. Beijing: China Bookstore Publishing House, 1993.
- [4] 王宗沐. 江西省志: 卷七[M]. 嘉靖三十五年刻本. [出版地不详; 出版者不详], 1556.
WANG Z M. Jiangxisheng Dazhi: Volume 7[M]. Block-printed ed. [S. l.: s. n.], 1556.
- [5] 杜赫德. 耶稣会士中国书简集: 中国回忆录: 2[M]. 郑州: 大象出版社, 2001.
DU HALDE J - B. Lettres édifiantes et curieuses, écrites des missions étrangères: mémoires de la Chine: 2[M]. Zhengzhou: Elephant Press, 2001.
- [6] 史晓莲, 江寿如. 景德镇市志[M]. 景德镇: 景德镇市地方志编纂委员会, 2012.
SHI X L, JIANG S R. Jingdezhen City Chronicles [M]. Jingdezhen: Jingdezhen City Local Chronicles Compilation Committee, 2012.
- [7] 故宫博物院, 景德镇市陶瓷考古研究所. 明代成化御窑瓷器: 景

德镇御窑遗址出土与故宫博物院藏传世瓷器对比[M].北京:故宫出版社,2016.
Palace Museum, Jingdezhen Ceramic Archaeology Research Institute.
Comparison of Ming Dynasty Chenghua imperial kiln porcelain

unearthed at the imperial kiln site in Jingdezhen and heirloom porcelain in the Palace Museum collection[M]. Beijing: Palace Museum Press,2016.

Research on the color – firing techniques for Chenghua *Doucai* of the Ming Dynasty

ZHU Jiayi¹, JIANG Jianxin², LIU Zhaohui¹

(1. Department of Cultural Heritage and Museology, Fudan University, Shanghai 200433, China;

2. Jingdezhen Imperial Kiln Institute, Jingdezhen 333000, China)

Abstract: The Chenghua *Doucai* porcelain has a significant position in the history of Chinese colored porcelain. Inheriting previous craftsmanship, its *Doucai* technique was developed and improved upon to reach an extraordinary realm, and also laid an important foundation for the Qing Dynasty overglaze pastel technique. In order to explore the red, yellow and green – firing techniques for the Ming Dynasty Chenghua *Doucai* porcelain and other related technical issues, we conducted a number of firing tests using a modern electric furnace and an ancient red furnace, and analyzed and inferred the suitable firing temperature and duration, heating curve, atmosphere, etc. for the *Doucai* porcelain from both macroscopic and microscopic perspectives. Considering the various firing defects observed during the tests, it seems that for Chenghua *Doucai*, its overglaze colors were developed best when fired for more than 6 hours at 780 – 800°C in a pure oxidizing atmosphere.

Key words: Chenghua *Doucai* porcelain; *Doucai* pigment; Overglaze color – firing technique

(责任编辑 张存祖;校对 马江丽)