

故宫博物院藏康熙、雍正朝两件珐琅彩瓷无损分析

Non-destructive Assay of Two Enamel-painted Porcelains of the Kangxi and Yongzheng Eras in the Collection of the Palace Museum

侯佳钰 丁银忠 李合 吕成龙

Hou Jiayu Ding Yinzong Li He Lü Chenglong

故宫博物院
The Palace Museum

Journal of Gugong Studies 2018 Vol.19

故宫学刊

二〇一八年 总第十九辑

故宫出版社 | The Forbidden City Publishing House

故宫博物院藏康熙、雍正朝两件珐琅彩瓷无损分析*

Non-destructive Assay of Two Enamel-painted Porcelains of the Kangxi and Yongzheng Eras in the Collection of the Palace Museum

侯佳钰 丁银忠 李合 吕成龙

Hou Jiayu Ding Yinzhong Li He Lü Chenglong

内容提要:

利用X射线荧光光谱仪和光学显微镜,对故宫博物院藏康熙和雍正年间两件具有代表性的黄地珐琅彩瓷残件进行无损测试分析,结果发现康熙珐琅彩瓷使用的瓷胎为“反瓷”,各色珐琅彩料均直接敷施于胎体上;相邻的两种珐琅彩料界线分明,画工精细。雍正珐琅彩瓷使用的是内外壁均施有透明釉的白瓷,各色珐琅料敷施于透明釉表面;但由于热膨胀系数的差异,可观察到珐琅彩料存在细小裂纹,且部分珐琅彩料存在脱落的现象。康熙珐琅彩瓷各色彩料的理论烧成温度相差较大,可能经过多次烧彩;而雍正珐琅彩瓷各色彩料的理论烧成温度相差不大,可能系工匠为减少工序和降低废品率而有意对珐琅彩料配方进行调整,以使各色彩料可在基本相同的温度下焙烧。

关键词:

清代 珐琅彩瓷 绘画 烧彩 工艺 无损检测

ABSTRACT:

With XRF and OM, a non-destructive assay was conducted on the fragments of two yellow-ground enamel-painted porcelains of the Kangxi and Yongzheng eras in the collection of the Palace Museum. The Kangxi piece has a porcelain body known as “fanci”, with the enamel paints directly applied on the body. Each of the paints has a clear boundary. The entire piece is of superb craftsmanship. The Yongzheng piece has a white porcelain body coated with clear glaze on both interior and exterior walls. The enamel paints are applied on the clear-glazed surface. There are tiny crackles in enamel paints, resulted from different CTE values of the paints. In addition, the paints have partly peeled off. The enamel paints used on the Kangxi piece have rather different theoretical firing temperatures. The piece may be fired for a number of times. The enamel paints applied on the Yongzheng piece see slight differences in their theoretical firing temperatures, maybe because artisans adjusted the paint formulae for a simpler procedure and a lowered rejection rate. With adjusted formulae, the enamel paints can be fired at roughly the same temperature.

KEYWORDS:

Qing dynasty, enamel-painted porcelain, painting, firing of color-painted ceramic objects, technique, non-destructive assay

* 本项工作得到了国家自然科学基金项目(51402054, 51702054)的资助。

珐琅彩瓷是中国古代陶瓷生产工艺发展到顶峰时期的产物¹，制品不多，均秘藏于清朝宫苑。珐琅彩瓷又称“瓷胎画珐琅”，最初是模仿铜胎画珐琅烧造而成的制品，始烧于康熙末年，全盛于雍正朝，乾隆中期以后逐渐销声匿迹²，传世品非常稀少。

据清宫造办处档案记载，景德镇烧造好只施有透明釉的素白瓷送进宫中，由造办处珐琅作将珐琅彩料描绘于瓷器表面，再经窑火焙烧而成珐琅彩瓷³。由于珐琅彩瓷传世品数量稀少、样品十分珍贵，故对于宫廷珐琅作工匠制作珐琅彩料的绘画工艺和烧彩工艺方面的研究不多、说法不一，存在“雍正早期仍保留康熙朝的色地上画花卉”⁴、“由于珐琅彩料的不透明，遮盖力较强，不能勾线填色，黑彩线条必须勾勒于其他色上，而且底色还要先烘烤一遍”⁵、“珐琅彩瓷……色调一般浓重艳丽，多以蓝色、黄色、红色、紫色等色调为釉地，然后在其上绘画纹饰”⁶等多种观点。利用现代科技仪器对珐琅彩瓷的研究，则多集中于珐琅彩料成分方面⁷，对绘画和烧成工艺研究较少。

本文选取故宫博物院院藏康熙黄地珐琅彩缠枝牡丹碗残件及雍正黄地珐琅彩花卉盘残件作为样品。两件样品年代明确，珐琅彩料颜色丰富，具有很高的文物科技研究价值。利用无损科技仪器对上述两件珐琅彩瓷的绘画及烧彩工艺进行测试和初步分析，不仅可对清代不同时期珐琅彩瓷的工艺进行对比研究，也可为日后保护、修复、仿制珐琅彩瓷提供数据参考和理论支持。

一 无损分析仪器与珐琅彩瓷样品

（一）无损分析仪器与测试条件

采用美国 EDAX 公司的 EAGLE III XXL 大样品室微聚焦型能量色散 X 射线荧光光谱仪对珐琅彩料进行化学成分测试。测量条件为：X 光管电压为 40kV，电流为 300 ~ 400 μ A，真空光路，死时间控制 30% 左右，测量时间 200s（活时间），束斑直径为 300 μ m。每个样品选三个点测试，采用无标样定量分析软件得到元素半定量分析结果。由于能谱仪不能测出硼（B）等轻元素，故对珐琅彩料中硼的问题不予讨论。

采用德国 LEICA 公司的 MZI6A 实体显微镜观察珐琅彩瓷的显微结构，照明方式为斜照明。

1 吕成龙：《瓷中极品 珐琅彩瓷器》，《收藏家》2009 年第 1 期。

2 王健华：《清宫珐琅彩瓷综述（一）》，《景德镇陶瓷》1994 年第 4 期。

3 叶佩兰：《故宫博物院藏文物珍品全集——珐琅彩·粉彩》，第 6 页，商务印书馆，1999 年。

4 张福康：《中国古陶瓷的科学》，第 141 页，上海人民美术出版社，2000 年。

5 宁文君：《瓷胎“古月轩”与瓷胎画珐琅和粉彩瓷的比较研究》，第 14 页，景德镇陶瓷学院，2011 年。

6 叶喆民：《中国陶瓷史》，第 576 ~ 582 页，三联书店，2011 年。

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。赵兰、李合、牟冬等：《无损分析方法对康熙、雍正珐琅彩瓷色釉的研究》，《古陶瓷科学技术国际讨论会论文集》，第 424 ~ 433 页，上海科学技术出版社，2009 年。Miao Jianmin, Yang Bairui, Mu Dong, *Identification and differentiation of opaque Chinese overglaze yellow enamels by Raman spectroscopy and supporting techniques*, *Archaeometry*, 2010 (52): 146 ~ 155. 贾翠、曲亮、张蕊、冀洛源、单莹莹、雷勇：《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。



图1 清代珐琅彩瓷样品
故宫博物院藏

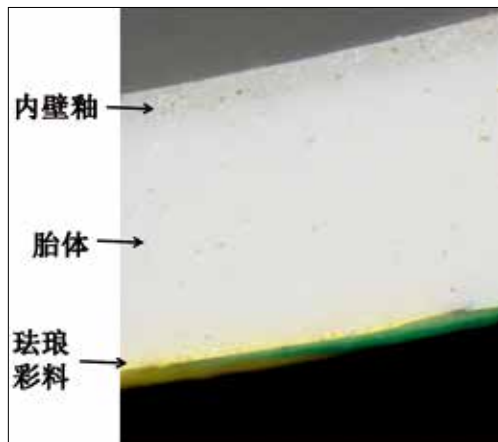


图2 清康熙珐琅彩瓷断面显微结构照片
(放大30倍)

(二) 珐琅彩瓷样品

选取了故宫博物院藏清代康熙黄地珐琅彩缠枝牡丹碗残件及清代雍正黄地珐琅彩花卉盘残件，〔图1〕两件均为黄地花卉珐琅彩瓷，底面均有四字年款。前者为康熙晚期的代表作品，后者为雍正成熟期代表作品。

二 显微结构及绘画工艺讨论

由于清代珐琅彩瓷的珍贵性，对于一件完整的器物来说，由于没有断裂区域，故无法从断面清晰地观察到珐琅彩料与胎体或釉层的结合情况，以及各色珐琅彩料的厚度及两种珐琅彩料间的结合情况，因而无法对其绘画工艺进行研究。本文研究的两件样品为珐琅彩瓷残片，具备了在断面处可观察到胎、釉、彩显微结构的条件。

(一) 康熙珐琅彩瓷显微结构观测结果和绘画工艺讨论

图2所示为康熙珐琅彩瓷的断面情况，从图2可以看出，这件珐琅彩瓷胎体细致、洁白，碗壁处胎体厚度在2mm左右；内壁施有厚度为240 μm 左右的透明釉，外壁表面无釉、珐琅彩料直接描绘于胎体表面上。前人研究表明，康熙时期珐琅彩瓷的胎体一般采用景德镇烧成的白瓷作胎，内壁有釉、外壁无釉，这种瓷胎被称为“反瓷”，而珐琅彩描绘于外壁涩胎上¹。

由于珍贵珐琅彩瓷样品测试要求无损性，故本文只能对已残损部位露出的珐琅彩料的断面进行研究。对于康熙珐琅彩瓷来说，断面可见蓝色、胭脂红、绿色、姜黄（色地）四种珐琅彩料，如图3所示。

从施彩厚度来看，这四种珐琅彩料可分为两类——其中蓝色和胭脂红彩料施彩厚度较薄，在25 μm 左右；而绿色和姜黄彩料施彩厚度较厚，达到50 μm 左右。这种施彩厚度不均匀的工艺，使得珐琅彩瓷外观具有凹

1 高晓然：《珐琅彩烧造过程中的几件物证——从景德镇到皇宫》，《故宫博物院院刊》2010年第2期。

凸感、画面立体感强。同时从图3可以看到,无论是色地彩料、还是花卉枝叶彩料,均是直接施于胎体上,而不同于西方油画和水彩的各色彩料堆叠。民国时期吴仁敬编著的《绘瓷学》就有如下记载:“绘瓷的颜料上面再加填了颜色,烧后就要起同化作用,或化合作用。”¹

图4为两种颜色珐琅彩料连接处的显微结构照片。从图3中的表面照片可以看出,两种颜色的珐琅彩料之间可有黑线相隔、也可直接相接。图4a为绿色叶片与姜黄色地的连接处,可以看出绘画师使用了双勾技法——明显观察到两色之间存在黑色勾线,且黑色彩料施画于胎体之上。此处黑色彩料厚度非常薄,仅为 $15\mu\text{m}$ 左右,勾线宽度也很细,为 $100\mu\text{m}$ 左右——仅为1~2根头发丝的直径,可想而知当时宫廷画师绘画的精细程度。《绘瓷学》中形容黑料“描绘花纹时,需预备黑料……善于描绘者,一笔一点皆有意趣”²。图4b为蓝色花瓣与姜黄色地的连

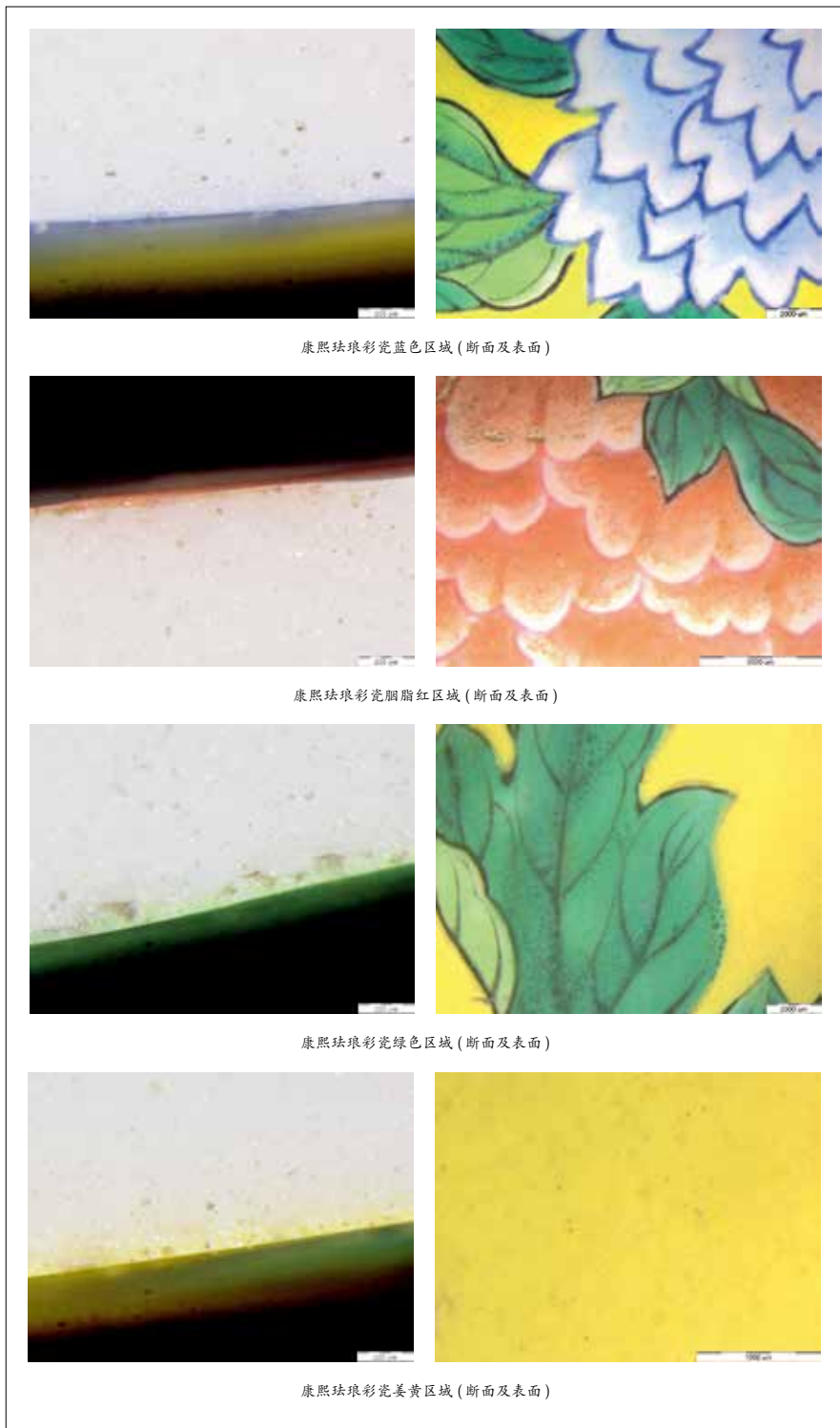


图3 康熙珐琅彩瓷四种珐琅彩料显微结构照片

1 吴仁敬:《绘瓷学》,第68页,商务印书馆,1950年。

2 吴仁敬:《绘瓷学》,第69页,商务印书馆,1950年。

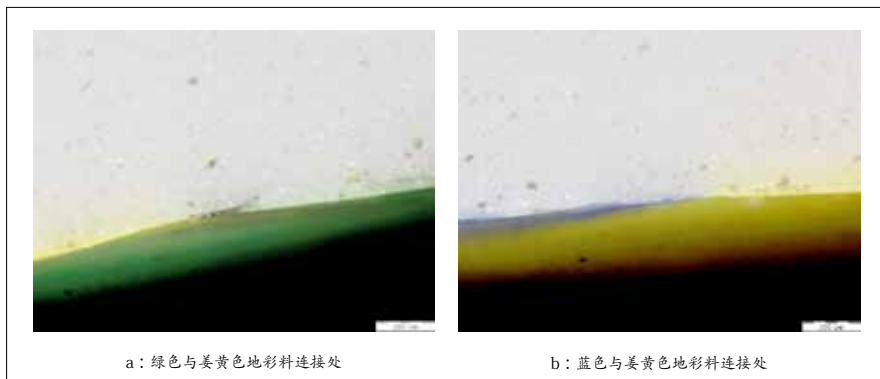


图4 康熙珐琅彩瓷彩料连接处显微照片(放大100倍)

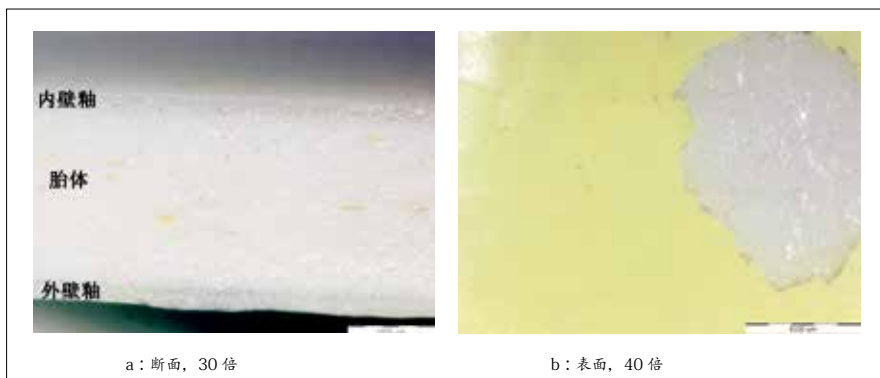


图5 雍正珐琅彩瓷显微结构

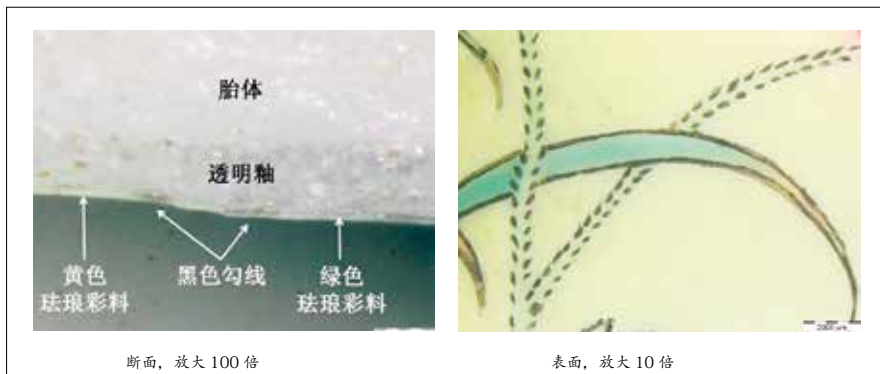


图6 雍正珐琅彩瓷柠檬黄色地与绿色珐琅彩料显微结构

描绘于白釉上¹。雍正时期珐琅彩瓷使用这种内外均施釉的细白瓷作胎,使珐琅彩瓷器的彩料被衬托得更加晶莹透亮²。但由于珐琅彩料与透明釉均为玻璃质材料,二者化学成分具有一定差别,因此,致使其热膨胀系数也有一定差异,在烧成冷却和使用过程中,彩的表面容易产生裂纹。这件雍正珐琅彩瓷表面珐琅彩料即可观察到存在细小裂纹,且部分区域可观察到因彩料脱落而露出透明釉如图5b。

由于这件雍正珐琅彩瓷断面污染较为严重,且断面露彩较少,故断面处仅可观察到柠檬黄色和绿色珐琅

彩料连接处,发现即使不用黑色彩料勾线,蓝色与姜黄色的界限也很明显,并无互相弥散的现象出现。此外还可以发现,无论哪两种颜色的连接处,连接处的颜料厚度均小于正常的颜料厚度,这正是宫廷画师在描绘珐琅彩时,在边界处施以略少的彩料以防止两种彩料互相漫连而造成的颜色不分明所致。

(二) 雍正珐琅彩瓷显微结构观测结果及绘画工艺讨论

图5为雍正珐琅彩瓷显微结构,从图5a中可以看到这件珐琅彩瓷盘壁处胎体厚度在2mm左右,胎两侧均施有180~200 μ m的透明釉,珐琅彩料描绘于外侧透明釉表面。已有研究表明,雍正珐琅彩瓷的胎体与康熙时期有所不同,不再使用“反瓷”,而是大量使用景德镇烧成的精细白瓷,珐琅彩料

1 刘伟:《帝王与宫廷瓷器》,第287~303页,故宫出版社,2012年。

2 周弋琳:《清三代宫廷御制瓷胎画珐琅艺术的演变进程及其影响》,第18~24页,四川师范大学毕业论文,2009年。

彩料,如图 6 所示,可以观察到珐琅彩料描绘于透明釉表面。从施彩厚度来看,柠檬黄色地和绿色珐琅彩料、黑色勾线厚度均较相似,在 25 ~ 30 μm ,与康熙珐琅彩瓷彩料中最薄的彩料厚度相似,且各色彩料之间界线分明,无相互熔散现象出现。

三 珐琅彩料化学成分测试和焙烧彩料工艺推断

(一) 化学成分和珐琅彩料理论烧成温度计算结果

表 1 为利用能量色散 X 射线荧光光谱仪测试的各色珐琅彩料的化学成分。目前利用无损方法测试陶瓷实际烧成温度技术还不成熟,因此,鉴于样品的珍贵性,本文利用干福熹理论计算公式¹,将表 1 所列各色珐琅彩料化学成分数据,计算出不同珐琅彩料的理论烧成温度,结果如表 2 所示。可以看出由于化学成分的差异,每种颜色的珐琅彩料本身的理论烧成温度不尽相同。

表 1 各色珐琅彩料化学成分 (wt%)

康熙		Na₂O	MgO	Al₂O₃	SiO₂	PbO	K₂O	CaO	TiO₂
	蓝色	1.42	0.46	2.01	64.01	20.32	7.22	0.66	0.04
	胭脂红	1.46	0	1.16	51.34	34.28	3.99	3.7	0.01
	绿色	2.25	0.49	1.88	50.24	35.34	3.45	1.43	0.02
	深绿色	1.35	0.68	1.47	50.68	36.03	3.58	1.34	0.02
	嫩绿色	1.46	0.95	1.17	46.61	39.52	3.09	1.71	0.01
	浅绿色	1.85	0.08	1.13	45.81	40.44	4.05	2.15	/
	姜黄(色地)	3.18	0.16	0.93	43.75	43.86	0.87	0.76	/
		MnO	Fe₂O₃	CuO	SnO₂	Sb₂O₃	Au₂O₃	CoO	As₂O₃
	蓝色	0.05	1.73	0.12	/	/	/	0.91	trace
	胭脂红	0.02	0.18	0.04	/	/	0.07	/	trace
	绿色	0.02	0.22	2.59	2.07	/	/	/	/
	深绿色	0.03	0.36	2.05	1.52	/	/	0.22	trace
	嫩绿色	0.05	0.24	0.87	2.61	0.85	/	/	trace
浅绿色	0.02	0.14	1.17	3.16	/	/	/	/	
姜黄(色地)	0.21	0.52	0.08	1.78	3.9	/	/	/	

1 干福熹:《硅酸盐玻璃物理性质变化规律及其计算方法》,科学出版社,1966年。

(续表)

雍正		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	PbO	K ₂ O	CaO	TiO ₂
	胭脂红色	2.28	0.73	1.8	51.75	38.13	2.9	1.02	0.02
	蓝色	1.53	0.11	1.18	52.4	37.77	4.13	0.87	0.06
	绿色	1.45	0.1	2.29	47.79	35.79	5.07	1.81	/
	浅绿色	2.32	0.2	1.42	48.37	37.28	5.44	1.11	/
	深绿色	2.12	0.57	1.28	44.65	40.45	5.41	1.35	0.01
	姜黄色	3.83	0.38	1.17	44.18	41.54	1.35	0.83	0.02
	柠檬黄色(色地)	1.48	0.33	1.92	41.07	42.71	3.89	1.52	/
		MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	SnO ₂	Sb ₂ O ₃	Au ₂ O ₃	CoO	As ₂ O ₃
	胭脂红色	0.05	1.14	0.08	/	/	0.11	/	trace
	蓝色	0.03	0.5	0.06	/	/	/	0.64	trace
	绿色	0.17	0.34	1.91	3.29	/	/	/	/
	浅绿色	0.02	0.13	0.57	3.34	/	/	/	/
	深绿色	0.01	0.28	1.83	1.84	/	/	0.2	trace
	姜黄色	0.28	0.56	0.03	1.75	4.08	/	/	/
	柠檬黄色(色地)	0.01	0.37	0.04	6.66	/	/	/	/

表2 各色珐琅彩料理论烧成温度(℃)

康熙珐琅彩瓷							
珐琅彩料	蓝色	胭脂红	绿色	深绿色	嫩绿色	浅绿色	姜黄(色地)
理论烧成温度	1040	820	810	810	770	760	760
雍正珐琅彩瓷							
珐琅彩料	胭脂红	蓝色	绿色	浅绿色	深绿色	姜黄	柠檬黄(色地)
理论烧成温度	810	800	790	770	760	760	760

(二) 焙烧彩料工艺推断

从样品照片图1可以看出,这两件康熙和雍正珐琅彩瓷表面彩料颜色主要有红色、绿色、蓝色和黄色四种。结合赵兰、苗建民等人的研究¹及表1所列两件珐琅彩瓷各色彩料的化学成分分析结果得知,红色彩料主要为金红着色,绿色材料为铜着色,蓝色彩料为钴着色,黄色彩料为铅锡黄或者复合铅锑黄着色。清代曾在皇宫内设立珐琅作,专门炼制珐琅料,并将珐琅料描绘于景德镇御窑厂提供的瓷胎或白瓷表面,并进行焙烧²。

1 赵兰、李合、牟冬等:《无损分析方法对康熙、雍正珐琅彩瓷色釉的研究》,《古陶瓷科学技术国际讨论会论文集》,第424~433页,上海科技文献出版社,2009年。Miao Jianmin, Yang Bairui, Mu Dong. *Identification and differentiation of opaque Chinese overglaze yellow enamels by Raman spectroscopy and supporting techniques* [J]. *Archaeometry*, 2010 (52): 146~155.

2 李家治:《中国科学技术史陶瓷卷》,第481~482页,科学出版社,1998年。

1. 康熙珐琅彩瓷焙烧彩料工艺推断

将表 2 中康熙珐琅彩瓷各色彩料理论烧成温度做柱状图, 如图 7 所示。可以看出其各色彩料的理论烧成温度相差较大, 温度最高的为蓝色彩料、最低的为姜黄色彩料, 两者熔融温度相差近 300℃。其次, 根据彩料的理论烧成温度, 可以将珐琅彩瓷表面 7 种颜色的珐琅料分为三种类型。第一类, 理论烧成温度高于 1000℃, 包括蓝色珐琅料; 第二类, 理论烧成温度在 800~820℃, 包括胭脂红、绿色、深绿色等珐琅料;

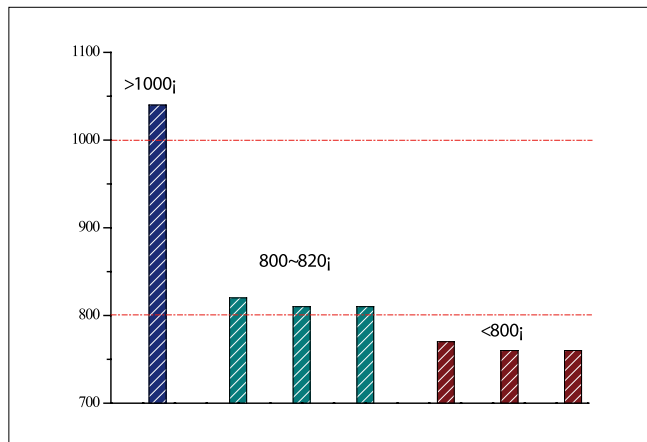


图 7 康熙珐琅彩瓷各色彩料理论烧成温度柱状图

第三类, 理论烧成温度低于 800℃, 包括嫩绿色、浅绿色、姜黄色等珐琅料。从烧成温度来看, 这件康熙珐琅彩瓷的彩绘及烘烤过程有可能为三次, 即首先于胎体上描绘蓝色花卉并在较高温度下焙烧; 其次描绘胭脂红花卉以及绿色、深绿色叶片, 并在中温下焙烧; 最后描绘嫩绿色、浅绿色叶杆, 并用姜黄色涂满空白露胎处, 并在低温下进行焙烧。这样不仅可以使珐琅彩料在发色正常、紧密贴敷于胎体上的同时能够摊流平整、产生良好反射效果和光泽, 而且可以最大限度地防止已经完成焙烧的珐琅彩料在后一次的焙烧过程中产生熔融变形。但由于第二类与第三类彩料的熔融温度相差较小, 仅相差 50℃左右, 因此, 这两类彩料有可能同时焙烧。

图 8 为康熙珐琅彩瓷上可以观察到的两种珐琅彩料相互熔融的现象。从图中可以看到姜黄色地珐琅彩料越过了黑色勾边、扩散到右边绿色叶片上。从上文分析可以看出, 图 8 这种现象的出现有可能基于两个原因: 其一, 宫廷画师在描绘此处时, 描完黑线后, 首先描绘了绿色叶面, 然后描绘姜黄色地时施用的颜料过多, 以致漫到绿色叶面处, 焙烧彩料后便出现此现象。其二, 前文已经提到, 这件珐琅彩瓷有可能经过 2~3 次烧彩过程, 其中绿色彩料 (理论烧成温度约为 810℃) 可能属于较高温度的前次彩烧, 而姜黄色地彩料 (理论烧成温度约为 760℃) 可能属于最低温度的后次彩烧。故图 8 这种现象的出现也有可能是在低温烧姜黄色地时, 姜黄彩料熔融后越过黑线描边, 最终扩散到已经高温焙烧但并未熔融的绿色颜料表面。

2. 雍正珐琅彩瓷焙烧彩料工艺推断

将 [表 2] 中雍正珐琅彩瓷各色彩料理论烧成温度做柱状图, 如图 9 所示。可以看出雍正时期的这件珐琅彩瓷各色彩料的烧成温度相差不大, 烧成温度最高的胭脂红彩料和最低的柠檬黄彩料烧成温度相差仅 50℃左右。同时可以从图中看出, 七种色彩料的理论烧成温度并没有明显分类情况, 由高到低排列时两种相邻彩料温度相差小于 20℃。故推断雍正时期这件珐琅彩瓷的彩料可能为一次绘画、一次焙烧而成。

珐琅彩料是由玻璃基体和金属着色剂等添加剂混合炼制而成¹。根据前人研究, 玻璃基体包括马牙石、淀粉、盆硝、砒霜、硼砂、紫石等², 主要作用为构成玻璃骨架、增加光泽、调整膨胀系数、调整彩料的熔融温

1 曲亮、沈爱国、段鸿莺、马越等:《故宫符望阁建筑装饰构件中珐琅釉的分析研究》,《故宫博物院院刊》2016年第4期。

2 王世襄:《梵华楼珐琅塔和珐琅塔则例》,《故宫博物院院刊》1983年第4期。



图8 康熙珐琅彩瓷绿色与姜黄色地彩料连接处表面显微照片
(放大40倍)

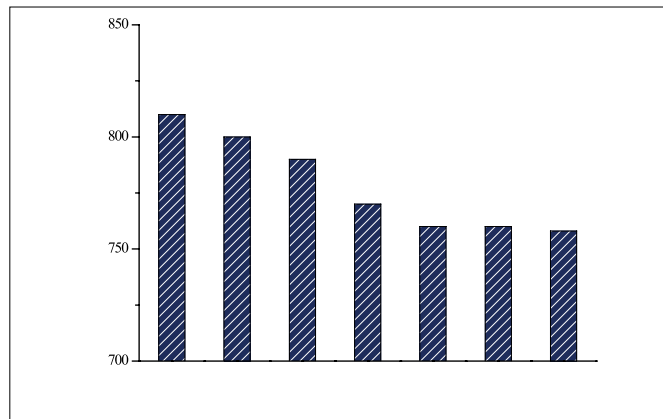


图9 雍正珐琅彩瓷所用各色珐琅彩料理论烧成温度柱状图

度等的作用¹。有研究表明,康熙时期的珐琅彩料多依赖从西方进口,而雍正六年以后清宫造办处便可自行研发炼制珐琅彩料。雍正六年的《活计档》便有记载:“二月二十二日柏唐阿宋七格等奉怡亲王谕:着烧炼珐琅料。遵此。”²故雍正时期清宫造办处工匠在炼制珐琅料时,有机会、也有可能改变玻璃基体以及金属氧化物的种类和含量来调整珐琅彩料的物理化学性质,使各色彩料可在同一温度下焙烧而成,以达到减少焙烧工序、节约制作成本的目的。

值得注意的是,无论是可能为多次烧彩的这件康熙朝珐琅彩瓷,还是可能为一次烧彩的这件雍正朝珐琅彩瓷,它们的色地——姜黄色地和柠檬黄色地的熔融温度均在各色彩料中最低。因此,无论哪种烧彩方式,从珐琅彩料本身的理论烧成温度可以看出,花朵及枝叶图案均不应画在黄色地上,否则在焙烧花朵和枝叶时会造成黄色地在较高温度下熔融变形,或者两层彩料相互熔融产生反应。此外,康熙、雍正时期对瓷器外观要求非常高,特别是专门在清宫造办处设立了“珐琅作”来制造各种质地的珐琅器。已有前辈研究者收集整理清代档案,发现清三代时期画珐琅制造分工非常明确,有专人烧炼珐琅料、专人设计珐琅图案、专人题写诗句,并且经过细致的设计和修改才能完成³。可想而知,清朝康乾盛世时期对珐琅彩瓷制作可称得上是不惜费尽心机。在这种条件下,上述两件珐琅彩瓷存在将各色珐琅彩料由理论烧成温度自高到低单独绘制、单独焙烧的可能性,以保证各种珐琅彩料不仅发色正常、而且可紧密敷于胎、釉之上。

1 西北轻工业学院:《玻璃工艺学》,第191~215页,轻工业出版社,1987年。

2 林姝:《从造办处档案看雍正皇帝的审美情趣》,《故宫博物院院刊》2004年第6期。

3 朱家潘:《清代画珐琅器制造考》,《故宫博物院院刊》1982年第3期。

结语

选取故宫博物院藏康熙和雍正年间的两件具有代表性的黄地珐琅彩瓷残件，利用无损测试分析手段，对清初珐琅彩瓷的绘画和烧彩工艺进行了初步分析。研究发现康熙朝珐琅彩瓷使用的是“反瓷”，各色珐琅彩料均直接施敷于胎体上，而无彩料堆叠现象。相邻的两种珐琅彩料界线分明，画工精细。雍正朝珐琅彩瓷使用的是内外壁均施透明釉的白瓷，各色珐琅彩料施敷于透明釉表面。但由于彩料和透明釉热膨胀系数存在差异，因此，在其表面可观察到细小裂纹，且部分珐琅彩料有脱落。康熙朝珐琅彩瓷各色彩料的理论烧成温度相差较大，珐琅彩料可能依温度从高到低进行多次焙烧。雍正朝珐琅彩瓷各色彩料的理论烧成温度相差不大，可能系工匠为减少工序和降低废品率而有意对彩料配方进行调整，以使各色彩料可在基本相同的温度下焙烧。

[作者单位：故宫博物院文保科技部、器物部]

