

龍泉青瓷釉色的研究

叶 宏 明 編



輕工業出版社

龙泉青瓷釉色的研究

叶宏明 編著

輕工業出版社

1960年·北京

內 容 介 紹

素負有“青瓷之花”盛名的浙江龙泉青瓷，在我国陶瓷制造史上曾一度放過異彩，名震中外。但自南宋以後，生產日衰，質量下降；明朝以後，中間有三百多年生產中斷，其間雖也有個別地區和個人從事過仿制，但制品質量粗劣，沒法與歷史上的龍泉名瓷產品相比。

解放以後，龍泉瓷業在黨的正確領導下得到了新生，從1956年開始就進行了小規模的仿古試制生產。在1958和1959年的大躍進聲中，浙江省輕工業廳的負責同志親自挂帥，在各有關單位的大力協助下已在恢復龍泉青瓷生產方面作出顯著成績。

本書中所述，即系此恢復生產工作的初步總結。內容特別着重從科學研究和生產工藝觀點出發介紹了龍泉青瓷的化學成分以及青瓷釉的呈色等問題。附錄中還介紹了青瓷釉料的製備、硃砂底的制法以及青瓷釉色中“青中帶黃”等問題。

現在龍泉青瓷的恢復和進一步提高的試點工作還在進行中，本書作為初步總結資料閱讀，對參加此項工作的工人和技術人員以及陶瓷工業界對我國古瓷生產感興趣的廣大科學研究人員和生產人員是有裨益的。

龍泉青瓷釉色的研究

叶 宏 明 編 著

輕工業出版社出版

(北京市東安門內白雲路)

北京市書刊出版業營業許可證出字第099號

輕工業出版社印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行

各地新華書店經銷

*

787×1092毫米 1/32·1 $\frac{2}{32}$ 印張·20,000字

1960年7月第1版

1960年7月北京第1次印刷

開數·1—2,300 定價：(10)0.18元

統一書號：15042·1120

目 录

前 言	(4)
一、龙泉青瓷的生产过程簡介	(7)
二、宋龙泉胎、釉化学成分	(9)
三、宋哥窑弟窑标准青瓷釉光譜半定量分析	(10)
四、青瓷釉呈現不同色調的原因	(10)
五、影响青瓷釉色的因素	(13)
六、值得注意的几个問題	(19)
結 束 語	(21)
附 錄	(22)
1. 青瓷釉料的制备	
2. 硃砂底的制法	
3. 关于紋片(即开片)問題	
4. 关于青瓷釉色“青中带黄”的問題	
附 图	(30)
龙泉古青瓷样品照片	

前 言

我国瓷器，大概可分两大系：青瓷系和白瓷系。“白瓷”系统以北方的河南、河北为主要产区；而“青瓷”的系统，则以南方的浙江为代表。这两大系的名窑，在中国瓷器史上，平分秋色，各有独特风格与高度的成就。其中青瓷的发展，时间最早，远在东汉（公元25~220年）就有初期的瓷器出现。至晋朝（公元265~419年）瓷器已相当精美。当时的代表产品，即文献上所盛称的“缥瓷”。这种缥瓷带着淡青绿色的釉，有优美的造型，是用高火度烧成的瓷器，以浙江温州一带为中心，然后渐次发展至绍兴、吴兴等处——这就是我国青瓷系统的发源。

浙江的青瓷不仅在历史上出现最早，而且发展的时期也相当长久。从晋至明，先后一千三百多年，名窑迭出，制造出精美绝伦的器皿，表现了劳动人民丰富的智慧。它的产区很广，东南起自温州、永嘉、瑞安、乐清等县；东迄丽水、龙泉、庆元；中部有金华，东至绍兴、余姚、象山；东北部遍及肖山、德清、余杭及杭州等处，都有古代青瓷窑址。至于“青瓷”由晋代初期创始至唐及五代的越州窑和秘色窑，即有“如玉”、“如冰”、“千峰翠色”。到两宋（也即我国制瓷的黄金时代）浙江的产品，更加辉煌典丽，登峰造极。现在故宫博物馆或上海博物馆展出的大观年间的官窑（公元1107——1110年）和哥窑、弟窑的代表作品，釉色晶莹匀润，即使以“温之如玉”形容，也不过甚其词。加以胎底之薄，造型之美，制作之精，在艺术表现上，使人不

能不为之仰慕。而宋四大名窑中的定、汝、官、哥，浙江即占其二，可以想見当日浙江的制瓷工业的盛况。

自北宋京城汴京（即今河南开封）受金人入侵而迁都临安（即今杭州），結束了北宋年代，因此在北方著名的瓷窑，如北方官窑、汝窑、定窑等相继停止生产，或陷于衰落；代之而兴的即是南宋官窑与龙泉哥窑、弟窑等等。尤其是龙泉窑更为特出，它吸收唐、五代、越窑和杭州官窑等的优良传统，而发挥出它独特风格，所以南宋建都临安后，龙泉青瓷不但成为当代珍品，而且也是当时皇室对外交换的主要物品之一。典型的龙泉哥窑和弟窑珍品的胎骨仅一厘米，为釉总厚度的五分之一。在这饱满的青釉中，呈现着莹晶丰润的光彩并焕发着美感，所以龙泉哥弟窑极负盛名，哥窑被列入宋代五大名窑之一，弟窑亦被誉为宋朝民窑之巨擘，闻名于世界，不仅在国际上具有悠久历史和崇高声誉，而且在我国科学和文化艺术方面亦占极其重要地位。它的产品特点是里外披釉，均匀光洁，晶莹潤澈，如玉如冰。不仅瓷音清亮，精光內蕴，而且造型渾厚而端巧，輪廓柔和而流暢。因而自古以来，为广大劳动人民所喜爱，尤其是釉色方面的梅子青、粉青、和开片方面的百圾碎、魚子紋等更是膾炙人口，为中外人士所称羨。

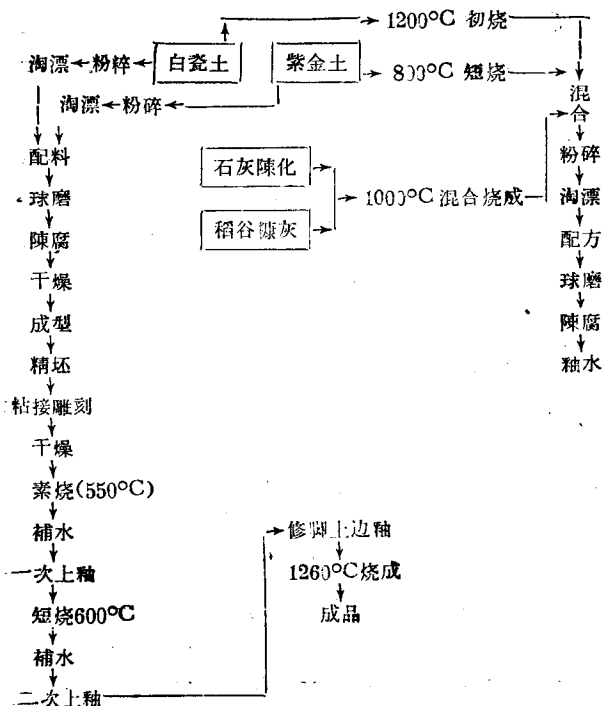
但自南宋以后，由于反动統治与封建剝削，相继遭受兵禍水災，青瓷日漸衰退。明朝以后青瓷生产乃告停頓，中断三百余年，其間虽有个別巧匠进行仿制均极粗劣，不能与龙泉名窑相比。在国民党統治时期窑业工人处在苦难深淵之中。直至解放，在党的各項方針正确指导下，龙泉窑业逐渐获得恢复而欣欣向荣，到1956年在党的重視下青瓷才开始有小規模制造，但仍然以仿古为主。在1958年大跃进和1959年的

繼續大跃进的号召鼓舞下，为了使我国历史名瓷重放异彩，叫龙泉古瓷重返青春，浙江省輕工业厅党組对龙泉青瓷恢复工作，予以最大的重視，厅党組書記翟翕武厅长亲自挂帅領導青瓷恢复工作，以最大决心在最短時間內发揚了龙泉名窑的优良传统，进行了試制生产并取得了成績。在試制生产中得到了中国科学院冶金陶瓷研究所、中央輕工业部、北京故宫博物院、浙江省美术学院、浙江省文管会、浙江省地质局、浙江大学、浙江省化工研究所等单位的大力支持，全体职工斗志昂揚、积极投入青瓷試制的热流中，并以印花代刻花和刻綫，又推行了石膏注浆成型等方法生产青瓷，引起工艺上的巨大变革，终于使失传三百多年的龙泉青瓷恢复青春，重放异彩，并以“青瓷之花”的嶄新姿态出現，为祖国社会主义建設事业放出了灿烂光芒。

青瓷的制造工艺，是我国瓷器史上一項很大的成就，也是一个具有相当高的学术研究价值的課題。但至目前为止，有关青瓷科学研究和生产工艺的資料是极少的。以往的“陶說”“陶錄”“中国青瓷史”等著作，仅从考古或古物欣赏等角度上对龙泉青瓷进行了介紹，內容很少涉及生产工艺或科学研究。为了继承和发揚龙泉青瓷的优良传统，并对有条件生产青瓷的地区提供一些資料以及进一步提高龙泉青瓷质量，今将作者1959年在龙泉瓷厂进行恢复青瓷生产試点时初步摸索到的几点心得介紹于下作为参考。因为我們所做的工作尚系开端，而且限于化驗設備，对好些数据尚未进行測定，故在这儿所談的极为粗浅片面，其中还可能存在不妥或錯誤之处，望同志們予以指正。

一、龙泉青瓷的生产过程简介

1. 生产流程



2. 主要原料的化学成份

分析项目 原料名称	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	CuO %	Mn ₂ O ₃ %
白瓷土(漂)	68.47	1.73	19.77	1.85	3.73	3.54	0.69	极微	极微
紫金土(漂)	50.30	4.70	37.99	1.25	0.69	2.25	2.74	极微	极微
黄金土*(漂)	74.72	0.68	18.96	微量	2.90	0.56	1.22	极微	极微

3. 配方

釉药：烏 135.34 (系由27.78%石灰石和72.22%的糠
糠灰混合烧制后获得)；

白瓷土53.0%；

紫金土11.66%。

坯体：白瓷土83.33%，紫金土16.67%。

或者是：

釉药：糠糠灰**22.51%；

白瓷土57.87；

石灰9.64%；

紫金土9.98%。

坯体：白瓷土83.33%，紫金土16.67%。

4. 坯和釉的化学成份 (%)

化学成份 名称	烧失	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	MnO ₂	CaO	K ₂ O	Na ₂ O
坯 泥	5.77	64.65	23.37	1.60	0.33	0.39	0.08	0.20	4.52	0.18
釉 药	—	58.53	15.02	1.44	—	0.21	—	11.12	3.54	0.20

* 黄金土系以往配方时采用的原料之一，现不应用。

** 糠糠灰含SiO₂在96%以上。

二、宋龙泉胎、釉化学成分*

1. 宋代龙泉胎、釉化学成分(%)

胎的化学成分

名 称 \ 化 学 成 分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	总计
粉青色碗片胎	65.22	27.35	2.81	—	2.79	0.71	未 定	99.38
梅子青碗片胎	73.75	22.26	3.38	0.51	0.47	0.09	未 定	98.96
青灰碗片胎	65.73	22.97	7.97	微量	0.37	0.32	3.24	99.57

釉的化学成分

名 称 \ 化 学 成 分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	总计
粉青色釉	73.94	16.29	3.12	0.08	7.60	微量	2.58	103.67
浅黄色釉	62.2	18.08	2.65	0.34	13.15	0.32	3.99	98.83
淡灰色釉	62.68	18.41	2.87	—	13.26	0.52	2.92	100.96

2. 宋弟窑标准粉青胎、釉化学成分(%)

名 称 \ 化 学 成 分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	MnO ₂	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	总计
粉青弟窑胎	69.76	22.39	0.51	1.62	—	0.05	—	0.39	4.42	0.75
粉青弟窑釉	64.57	15.67	0.37	0.73	—	0.32	9.78	0.86	4.98	1.12
现景德镇仿龙泉釉	65.3	12.67	1.83	—	0.16	4.64	3.43	4.10	—	3.64

* 以上系中国科学院冶金陶瓷研究所对不同色调的青瓷胎及釉化学成分的分析数据。本资料由周仁所长提供。

袖光譜半定量分析

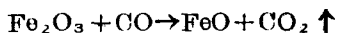
序号	顏色名稱	銅 Cu %	鉛 Pb %	銀 Ag %	鉬 Mo %	鋇 Ba %	總 Sr %	鈹 Be %	鉍 Bi %	鈳 Y %	硅 Si %
1	弟窩粉青	0.0	0.03	—	0.008	0.15	0.1	<0.001	—	—	>10
2	弟窩豆青	0.0	0.01	—	0.005	0.2	0.1	<0.001	—	0.001 ~0.01	>10
3	哥窩梅青 子	0.09	0.2	<0.001	—	0.1	0.1	<0.001	0.002	—	>10

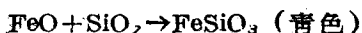
根据物理学，原子的外部电子从某一能级转变到另一能级是决定着色的因素。这一转变是由于原子被光能的激发而产生。因而，着色是由于可见光的光谱中某一部分光波的吸收；当光谱的被吸收部分被釉所接受后，便呈现出某种颜色。当原子回复正常状态时，光能的被吸收部分成为热能放出。

无色透明玻璃对光谱中的各种光波的透过度是一样的，所以它没有显示出颜色来；在此玻璃中如果含有或外加某种着色剂，使其只能透过某一部分波长的光，而另一部分波长的光不能透过而是被吸收时，则显现出被透过的光的颜色。

青瓷釉呈现出各种色调，如粉青、梅子青、豆青、白湖、草青、月白、炒米黄、蟹壳青等等，主要是由于“青瓷”釉药内含有定量铁份的缘故。因为铁是直接着色剂，是分子着色，故当铁以不同价数的化合物存在于青瓷釉中时，便吸收光波中不同波长的光，使釉呈现出不同的色调。因而，青瓷的釉色与烧成时火焰的性质发生直接的关系。当以还原焰烧成时，生成 FeO ，釉呈青色；反之，在氧化焰中烧成时，生成 Fe_2O_3 ，釉便呈黄色（即人们称呼的炒米黄）。

固相反应研究证明，氧化铁(Fe_2O_3)与石英及方石英皆不反应，在石英转变(573°C)的瞬间，仅生成一种尚未隔离的不稳定的加成产物，只有当石英转变为方石英时，才有少量氧化铁进入固溶体内。所以，青瓷在还原焰中烧成时，主要是由于高价铁还原为低价铁并与二氧化硅起反应，使釉呈现青色。所以，青瓷釉色不仅与烧成时火焰的性质有关，而且与釉药中铁份含量、还原气氛的强弱、烧成的火度等均有明显的关系。青色的生成反应可用下列简式表示：





含 Fe_2O_3 玻璃与含 FeO 玻璃相比，紫外线的透过率非常小，对于可见光线部分则吸收极弱；红外线则以 FeO 玻璃的吸收为强。兹将梭罗吉依金（В.В.Суродейкин）以1%的氧化铁为着色剂，组成为 SiO_2 71.2%、 CaO 12.5%、 NaO 16%的玻璃的光密度曲线列于图1：

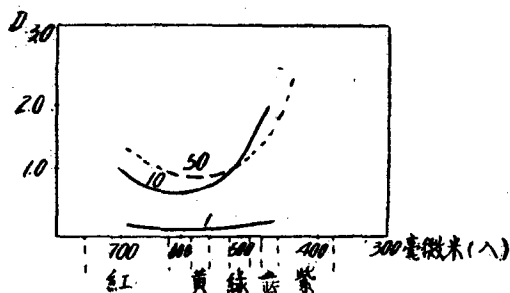


图1 以 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 着色的玻璃光密度曲线

D—光密度；

λ —光波长。

（曲线上的数字表示玻璃之厚度，毫米）

由图中可看出，以铁为着色剂的玻璃实际上不能透过蓝色与紫色光，而是吸收它；但能很好地透过黄色或绿色（或青色）光。青瓷釉所以能呈现青色或黄色（视烧成时火焰的性质而定），其基本原因即在于此。

由于 FeO 的着色能力比 Fe_2O_3 强约10倍，故青瓷釉色受厚度的影响亦较大。

五、影响青瓷釉色的因素

多次实验证明，青瓷的生产工艺较白瓷复杂，好些因素都对青瓷釉色发生作用。为了摸索影响青瓷釉色的因素，我们特地制定几个配方和120块试块进行实验。我们所制定的配方是（重量百分比）：

釉药方面：

原 料 \ 编 号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#
白瓷土(漂)	50	50	60	55	60	55	57.87	65
紫金土(漂)	20	20	10	15	10	15	9.98	—
磨擦灰	27	27	27	27	27	27	22.51	20
熟石灰	7	7	7	7	7	7	9.64	10
氧化铁	1.1	—	—	—	—	0.5	—	1.0

胎坯方面：

原 料 \ 编 号	1#	2#	3#	4#	5#	6#
白 瓷 土	100	90	83	49	50	—
紫 金 土	—	10	17	60	50	100

从龙泉瓷厂多次生产实践和以上所制的配方试制中摸索到以下一些现象：

① 釉药含铁量对釉色的影响很大，含铁量愈高，呈色愈深。

青瓷釉对光波的吸收强度由含铁量高低而定，随含铁量增高而增大。当FeO相对分子数在0.01以上时，釉色的变化

就能够对比出来。中国科学院冶金陶瓷研究所曾对青瓷釉中氧化铁含量对色彩的影响进行了研究，其试样烧成是在气氛调节电炉中进行，发现其关系如下表所示：

Fe ₂ O ₃ %	煨烧 块数	α (过量空气系数)	CO %	色 彩
1.5	8	0.523~0.645	23~28	粉青色，很象第壹，淡绿青色
2	6	0.688~0.667	19~22	很美丽的淡青绿色
2.5	7	0.70~0.744	~16	较暗的绿色，有些赭的色调
3	7	"	~16	较暗的绿色
3	3	0.777~0.856~0.942	12~7~2.4	赭绿色，不好看
4	9	0.725	14	赭暗绿色，不好看
5	4	0.86~0.97~0.72	8~2~4	螃蟹盖色
10	4	0.86~0.97~0.72	8~2~4	黑 色

② 在相同的胎底情况下，釉的厚度愈厚，呈色愈深。

上釉时，釉浆的比重是控制在1.4，釉的水分应在45%左右。当釉浆的比重和水分都不变，每次上釉的间隔也都相同时，则上三次釉的产品比上二次釉（最少要上二次）的产品（同一品种）的釉色深。当产品采用浸釉上完三次釉后，再采用喷釉法上一层釉，则烧成后后者釉色较前者深。

从硅酸盐物理化学中可看出，光密度D与透射度T有着密切的关系，其关系为：

$$D = -\lg T$$

$$T = 10^{-0.43\beta L}$$

式中： β ——物质特有的常数；
L——试样的厚度。

所以，当釉浆的组成不变时， β 即为常数值。此时，釉的透射度T与釉的厚度L发生直接的关系。当厚度L改变时，光密度D即随之改变。因而，当釉的厚度愈厚时，釉色就愈深。这与FeO着色能力较Fe₂O₃强、受厚度的影响较大

的理論頗相一致。梭罗吉依金所研究的玻璃光密度曲綫与我們实验所得的結果也是一致的，如图 2 所示：

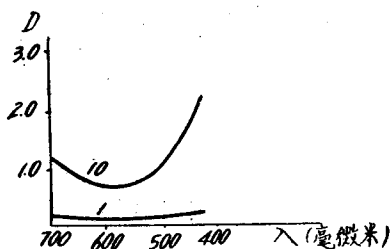


图 2 以 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 着色之玻璃光密度曲綫

D—光密度；

λ —光波长。

(曲綫上的数字表示玻璃之厚度毫米)

所以青瓷样品施釉时，釉的厚度不应低于 1 毫米，否則釉的顏色不深。因而，龙泉青瓷以薄胎厚釉为貴（当然薄胎厚度要求操作的技巧是較高的）。

③ 熔剂原料不同时，对青瓷釉色亦产生不同的影响。

“哥窑和弟窑”一书中，曾簡略地提到采用礬糠灰与石灰混合烧制后作为熔剂时，青瓷釉呈綠色；采用凤尾草与石灰混合烧制时，青瓷釉呈青色。这种說法是不很恰当的。現在龙泉瓷厂系采用礬糠灰与石灰混合烧制后当作熔剂，但同样能制造出美丽的青色来。

文献上介紹当有 MgO 、 ZnO 、 Li_2O 存在时能加强 FeO 玻璃所发的藍綠色和碱类对 Fe_2O_3 玻璃所发之黃色发生逆作用。关于 MgO 、 ZnO 、 Li_2O 是否对青瓷釉色发生影响，我們尚未着手研究。但在实验中，我們摸索到当采用石灰为熔

剂时，随着石灰含量的增加，釉色加深；而当采用长石为熔剂时随着长石含量增加则得出相反的结果。我们认为前者可能是由于CaO含量增加时，熔融温度降低和粘度减小，因而出现液相的温度较低和液相生成的数量较多，给铁份等造成大的位移能，有利于FeO和SiO₂的溶解与生成FeSiO₃，故釉色加深。而后者釉色转淡的原因可能是釉料内部铁份与长石形成无色玻璃的缘故。

④ 烧成气氛对釉的呈色影响很大。在氧化焰中烧成时，完全成为炒米黄，而在还原焰中烧成时，随着还原性增强而釉色加深。

由于 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons \text{FeO}$ 是可逆反应，所以在还原焰中烧成时，以上二种氧化物可能同时存在（见上面宋弟窑标准粉青胎、釉化学成份分析数据）。随着还原性气氛的增强，Fe₂O₃被还原的成份就愈大，生成FeO与SiO₂的数量也就愈多，因而使釉的色彩变深。下列分析数据，是一个很鲜明的例子。

序号	釉色名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	合计
1*	粉青色青瓷	70.94	16.29	3.12	0.08	7.66	痕迹	2.58	100.67
2*	浅黄色青瓷	62.21	18.06	2.65	0.34	13.19	0.32	3.09	98.86
3*	浅灰色青瓷	62.68	18.41	2.87	—	13.26	0.52	2.32	100.06

从上列分析数据可看出：1*青瓷较3*青瓷所含的铁量多，而釉色反而较淡。2*青瓷和3*青瓷所含的铁量相差不多，但所得的釉色极不相同。显然，1*青瓷是在较弱的还原性气氛中烧成的。与3*比较（也可能是在较低的烧成温度下烧成的，下面即将谈到），2*青瓷是在氧化焰中烧成的，3*青瓷是在较强的还原性气氛中烧成的（也可能是在较高的温度