

DOI: 10.13957/j.cnki.txb.2020.01.018

景德镇“釉灰”的发展演变研究

李其江, 张茂林, 熊露, 计颖, 吴隽

(景德镇陶瓷大学 古陶瓷研究中心, 江西 景德镇 333001)

摘要:“釉灰”是景德镇传统制釉的重要原料之一, 人们早已掌握“釉灰”的制备过程及形成机理, 但对其工艺演变过程研究仍有不足。本文以载有制瓷技术理论的古陶瓷典籍为基础, 结合考古发掘资料, 以及现代科学技术分析方法, 对景德镇“釉灰”的工艺演变进行了探讨, 明晰了“釉灰”的概念, 并对古陶瓷典籍中“釉灰”的相关内容进行了辩证, 这为完善我国陶瓷技术史及景德镇制瓷技术史提供了重要的、新颖的内容。

关键词: 瓷器; 釉灰; 景德镇; 石灰石; 演变

中图分类号: TQ174.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-2278(2020)01-0115-06

Development and Evolution of Jingdezhen Lime-ash

LI Qijiang, ZHANG Maolin, XIONG Lu, JI Ying, WU Jun

(Research Center of Ancient Ceramic, Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen 333001, Jiangxi, China)

Abstract: Lime-ash is an important raw material in the preparation of porcelain glaze in Jingdezhen. Although the preparation process and formation mechanism of lime-ash have been mastered, the evolution process of lime-ash has not been clarified. In the paper, the development and evolution of Jingdezhen lime-ash are studied, according to the ancient ceramic books with theorization on porcelain making technology, through the combination of archaeological excavations of kiln sites and modern science and technology analytic techniques. Furthermore, the concept of lime-ash has been clearly interpreted, while the related contents of lime-ash in ancient ceramic books have been dialectically described, thus offering a novel content for perfecting the history of ceramic technology in Jingdezhen and China.

Key words: porcelain, lime-ash, Jingdezhen, limestone, evolution

0 引言

景德镇传统制瓷工艺中有“釉不离灰”的说法, 说明了“釉灰”在制釉中的作用和地位。“釉灰”一词最早出现于唐英的《陶冶图说》“炼灰配釉”一节: “灰出乐平县, 在景德镇南百四十里。以青白石与凤尾草迭叠炼烧, 用水淘洗即成釉灰。^[1]”从文中可知, 将炼灰用水淘洗即成“釉灰”。学者们早已对景德镇制釉中的重要人工制备原料——“釉灰”, 从工艺到机理等进行了多方面的研究^[2-7]。这使我们完全了解以及掌握了“釉灰”制备工艺的过程: 选取黝黑色石灰石, 煅烧石灰石使其粉碎并

转变成生石灰, 消解生石灰使其转变为熟石灰, 用狼其草煨烧熟石灰使其转变成碳酸钙, 尿沬工艺使熟石灰转变更充分, 淘洗获取釉灰(头灰及二灰)。研究者虽明晰了“釉灰”的机理和作用, 但缺乏对景德镇“釉灰”的起源和工艺演变过程的探讨, 如炼灰与“釉灰”的区别, 景德镇制瓷之始“釉灰”的工艺, “釉灰”中煨烧工艺何时出现, 何时成熟, 尿沬工艺的出现及发展, 以及这些工艺变化的原因等。本文结合文献资料、考古发现、科技分析, 依据事物客观发展规律, 对景德镇“釉灰”的发展脉络进行了探讨, 并对古陶瓷典籍中“釉灰”的相关内容进行了辩证, 这对完善我国陶瓷技术史及景德

收稿日期: 2019-10-11。

修订日期: 2019-11-23。

基金项目: 国家自然科学基金(51762027, 51662021); 江西省文化厅项目(YG2016027); 江西省教育厅项目(JD16130, GJJ160877, KG161001); 龙泉青瓷协同创新中心资助项目。

通信联系人: 李其江(1982-), 男, 博士生, 副研究员。

Received date: 2019-10-11.

Revised date: 2019-11-23.

Correspondent author: LI Qijiang (1982-), Male, Ph.D., candidate Associate Researcher Fellow.

E-mail: liqijiang13@126.com

镇制瓷技术史提供了更新颖的内容。

1 “炼灰”与“釉灰”之别

最早记载景德镇制备“釉灰”工艺的是宋代蒋祈的《陶记》：“攸山、山槎灰之制釉者取之，而制之之法，则石垩炼灰，杂以槎叶木柿，火而毁之，必剂以岭背釉泥，而后可用”^[8]。石垩是石灰的别称。但根据“火而毁之”表达的意思，此处石垩应是石灰石，“毁之”所毁的应是块状的石灰石，石灰石“毁”前后差异较大，如果是煨烧熟石灰粉则前后差异较小，不能体现出“毁”的变化，同时，煨烧是基本不见明火的。柴草采用槎树枝叶和木柿(指刨削下来的木材碎片、木皮)^[3]。槎树枝叶和木柿是不适宜煨烧的，但可以用来煨烧。现在景德镇少量煨烧石灰石仍然用槎树枝叶等。

石灰石的煨烧是石灰石粉碎的过程，是部分变成石灰的过程，是和柴草混合的过程。早期煨烧石灰石采用平地堆烧。与平地堆烧陶器一样，温度只能达到 850℃左右^[9]。根据石灰石煨烧分解的化学反应过程，该温度下煨烧石灰石是难以煨烧充分的^[10]。目前景德镇制备釉灰时，煨烧石灰石主要采用石灰窑煨烧，但仍然保留采用平地堆烧的传统方式，耗时均需俩整天，石灰消解后仍然会有未分解完全的小石块，实际证明平地堆烧石灰石的分解率并不高。炼石成灰的方式是借鉴和学习石灰的制备工艺，此工艺在 5000 年前已成熟^[11]。粉碎石灰石是否可以用石碾、水碓等粉碎设施配合淘洗工艺呢？从工艺学角度，石灰石是瘠性料，与易碾细的瓷石类硬质粘土原料不同，石灰石难碾细，粉碎后所得细粉可塑性仍较低，不易通过淘洗工艺分离其粗细颗粒。因此，炼石成灰的目的仅是粉碎石灰石，草木灰虽是熔剂原料，但其以此方式的带入只是煨烧附带的结果。

炼石所成的灰称为“炼灰”，即“攸山灰”、“山槎灰”。配釉时将“炼灰”进行淘洗，淘洗掉熟石灰和未燃尽的草木，余留的主要为疏松未分解的石灰石以及燃烧完全的草木灰，即为“釉灰”。

2 景德镇“釉灰”制备之初级阶段——“欠烧”石灰石

迄今发现的景德镇地区最早的制瓷遗迹是乐平南窑遗址。南窑大致始烧于中唐，衰落于晚唐。南窑出土瓷器标本同洪州窑、鲁山窑、越窑中晚唐时期的产品具有一定的关联性^[12]。南窑遗址出

土瓷器的青釉为灰釉，釉中 CaO 百分含量为 14.18-17.62wt.%，MgO 为 3.14-4.18wt.%，P₂O₅ 为 0.56-0.97wt.%^[13]。从南窑与周边窑口的关联性及釉的化学组成特征，可以推断南窑制备青釉使用了石灰石烧炼的釉灰，而且烧制釉灰的石灰石是含镁量比较高的镁质石灰石。根据调查，景德镇主要有两种石灰石，即黝黑色比较纯净的钙质石灰石和褐色的镁质石灰石^[3]。

兰田窑是景德镇晚唐五代制瓷遗址。出土的灰釉标本，一部分与南窑标本基本一致；另一部分标本釉的化学组成中 CaO 和 MgO 含量发生了变化，MgO 含量由 4wt.%左右降低为 1 wt.%左右，但钙镁总含量基本不变^[13]。根据釉的化学组成特征，可以推断兰田窑晚唐五代时期既使用了镁质石灰石烧炼后制取的釉灰，也使用了钙质石灰石烧炼后制取的釉灰。

湘湖窑是景德镇五代制瓷遗址。出土的标本中白釉标本比青釉标本掺入的釉灰数量有所减少，但 MgO 含量均为 1 wt.%左右^[14]。根据釉的化学组成特征，可以推断湘湖窑五代时期制瓷使用了钙质石灰石烧炼后制取的釉灰。景德镇从五代以后使用的釉灰均为钙质石灰石烧炼后制成。选用钙质石灰石烧炼制取釉灰，出灰量大，节省烧炼成本。

湖田窑是景德镇宋代制瓷代表性窑址，根据其青白瓷釉化学组成数据^[9]，CaO 百分含量在 10.01-16.01wt.%，波动范围巨大。实际上，从中唐至宋代，景德镇“釉灰”的制备工艺虽有进步，但均处在其初级阶段。

石灰石的煨烧工艺可以从秦大树等发掘的北宋观台窑遗址发现的一座烧制“釉灰”窑的遗迹可知。观台窑是我国目前唯一一个已发现的烧制釉灰的窑址。此窑应是地穴或半地穴式，没有火膛，也未发现窑门^[15]。窑床表面有一层厚 5 cm 左右的灰白色灰层，是 1-3 cm 厚的小块石灰和草木灰的混合物，灰中还夹杂有玉米、高粱秸和细树枝等未燃尽的植物^[15]。窑床南部的边缘地带有一口半埋于地下的大缸，在西侧烟道前有一个半埋于窑床上的黑釉小罐，在窑床中部偏北有一个直径 1 m、深 0.75 m 圆形灰坑，坑内填满了白灰色的粉末，十分纯净细腻，没有其他包含物^[16]。小块石灰和草木灰交替叠放，与明代李时珍《本草纲目》中记载的制取石灰工艺一致，“作窑烧之，一层柴，或煤炭一层在下，上累青石，自下发火，层层自焚而散。”^[16]未做小块石灰的矿物组成分析，但仅

从石灰呈块状的现象分析，此处叠压烧制应是煅烧石灰石，灰坑中的白灰色粉末应是经过淘洗的消解后的熟石灰及未分解的石灰石粉末。

因此，从工艺上，唐宋时期景德镇与观台窑制取“釉灰”都是处于“欠烧”石灰石的初级阶段，其目的仅是粉碎石灰石用于制釉。煅烧工艺过程是石灰石块与柴草交替叠放进行煅烧。景德镇唐宋时期炼石成灰还经过了由黝黑色比较纯净的钙质石灰石替换褐色镁质石灰石的过程。

3 景德镇“釉灰”制备之中级阶段——出现煨烧工艺

最早体现出景德镇“釉灰”制备煨烧工艺的是明嘉靖三十八年(1559 年)王沐宗编纂《江西省大志·陶书》。该书是一部以经济史为主的通志，记载的有关釉灰的信息为：“麻仓官土，每百斤值银七分。淘净泥五十斤，晒得干土四十斤。……凡上砂土一百斤，筛净土八十斤。黄土一百斤，筛净土九十斤。炼灰一百斤，淘五十斤直八分。”“浇青(釉水炼灰、石子青合成)，纯白(用釉水炼灰合成)”^[1]淘洗炼灰最后仅得一半重量的釉灰，说明在明嘉靖三十八年之前釉灰炼制已进入到煨烧熟石灰阶段，但煨烧工艺不成熟。熟石灰煨烧会使 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 转变为 CaCO_3 ，并且会混入草木灰成分，这是一个质量增加的过程。煨烧后的釉灰包含 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3 和草木灰，经过淘洗，去掉未烧尽的梗屑，大部分 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和少部分 CaCO_3 以及混合在一起的部分草木灰将被淘洗除去，也就是去除杂质和“头灰”。根据现在釉灰的烧炼工艺，如果经过一次煨烧工艺，釉灰中仅含有 45-50wt.% 重量的 CaCO_3 ，经过两次煨烧工艺，釉灰中含有 60-65wt.% 重量的 CaCO_3 ^[2-3]。根据文中剩余一半的淘洗程度，该时期煨烧次数应为一次，结合煨烧工艺的不成熟性，煨烧次数也可能多于一次。同时，文中表明淘洗掉的一半利用价值不大或者没有利用。

初刊于明崇祯十年(1637 年)，宋应星著作的《天工开物·陶埏》中记载：“凡饶镇白瓷釉，用小港嘴泥浆和桃竹叶灰调成，似清泔汁(泉郡瓷仙用松毛水调泥浆，处郡青瓷釉未详所出)，盛于缸内”^[17]。桃竹是竹的一种，质地坚实，为制箭、做手杖、编席的好材料^[3]。明代末期煨烧采用桃竹枝叶。

根据煅烧石灰石工艺以及景德镇现存煨烧工

艺，该时期煨烧工艺应是熟石灰与柴草交替叠烧。

4 景德镇“釉灰”制备之高级阶段——煨烧工艺成熟

相对而言，从出现煨烧工艺到煨烧工艺成熟，历时较短。景德镇“釉灰”制备多次煨烧工艺最晚成熟于清代早期。

清康熙五十一年(1712 年)法国传教士佩里·昂特雷科莱(Père Francois Xavier d'Entrecolles，中文名为殷弘绪)在写给法国教皇的信中记录了景德镇主要制瓷工艺过程及瓷业习俗等，其中釉灰制取工艺为：“首先取大块生石灰，用手洒上少量水，使它化成粉末，然后铺上一层凤尾草，再在其上面敷一层熟石灰。这样交替地敷多层后，用火点燃凤尾草，在它全部烧尽之后。再把燃灰和凤尾草相间地铺上几层，用火点燃。这一过程至少要连续重复五六次。重复次数越多，釉的质量就越好。……将石灰和凤尾草灰适量配合后，倒入盛满水的缸内，再按 100:1 的比例掺以石膏，拌匀混合液，停止搅拌后放置起来，直至在其表面出现皮层为止。然后，取出皮层，移入别的容器内。该操作要重复数次。若器底产生了泥浆的沉淀，则将容器倾斜，排除余水，再取底浆。此浆就是二级釉(注：二灰)，应将之与上述的釉浆(注：釉果浆)加以混合。为了使两种釉浆充分混合，必须使他们浓度相等。”^[18]这是最完整最详细记录景德镇釉灰制备工艺以及釉浆配制工艺最早的文献，此工艺与景德镇现在仍在使用的釉灰制备工艺最为接近。也就是说最迟清代康熙晚期景德镇已拥有了完善的釉灰制备工艺。文中提到的“凤尾草”也称“井口边草”、“鸡脚草”等，是一种蕨类植物，根壮茎短，多生于墙脚及阴湿石缝中，全草供药用。此草不适宜煨烧，景德镇虽有但不多。因此在该文中“凤尾草”应指的是“狼箕草”，同样是一种蕨类植物，形状似“凤尾”，从非植物学的角度，根据形状容易让人误称为“凤尾草”，其体高可达一米，丛生状，是一种典型的酸性土壤指示植物^[3]。在景德镇狼箕草储量丰富。在容易获取并且储量丰富的柴草中，狼箕草完全燃尽的时间最长，便于煨烧^[19]。同时，狼箕草呈纤细的片状(如图 1)，韧性强，在灰料的覆盖下仍能形成有丰富的空隙、有弹性的燃料层。与熟石灰粉具有极大的反应接触面积，又能保证微弱的通风，使燃烧不熄灭而缓慢进行，产生尽量多的 CO_2 同时阻止 CO_2 的瞬

时外逸,使其充分同熟石灰反应。煨烧的次数越多,熟石灰转变为 CaCO_3 就越充分、完全。同时,在煨烧和多次翻动的过程中,草木灰与 CaCO_3 混合的越均匀,最终得到的釉灰成分越稳定。此时期煨烧工序达到五六次。



图 1 狼尾草
Fig.1 Langqi grass

清乾隆八年(1743 年)唐英在《陶冶图说》中也记载了“炼灰配釉”：“陶制各器，惟釉是需，而一切釉水无灰不成其釉。灰出乐平县，在景德镇南百四十里。以青白石与凤尾草迭叠炼烧，用水淘洗即成釉灰。配以‘白不’细泥，与釉灰调合成浆，稀稠相等，各按瓷之种类以成方加减。”^[1]青白石是指石灰石，此处应为石灰，如图 2 所示，制瓷工匠是用簸箕倾倒呈粉体的石灰，这与《陶记》的记载刚好相反。对于《陶冶图说》的编写是制瓷专家唐英根据皇命所为，有字数和篇幅限制，每段文字 160 字左右^[20]，这可能是缩写釉灰制备过程的一个重要原因。从文中可知，将炼灰用水淘洗即成“釉灰”。现在景德镇“釉灰”一词的概念，一是指经过煨烧工艺后得到的炼灰；二是指用水淘洗后的灰，同时对淘洗后的灰根据细度不同又进行分离使用，细浆部分称为“头灰”，粗渣部分(可以经过尿沬)经过捣碎后称为“二灰”^[2-7]。根据对比分析，景德镇“釉灰”的概念扩大化了。“釉灰”是可以入釉的灰。“炼灰”是炼石成灰，至于灰中含有多少 CaCO_3 以及多少杂质，取决于炼的工艺，是采取“欠烧”石灰石，是采取熟石灰自然转化，还是采取熟石灰煨烧(或多次煨烧)工艺，或者多种方式兼而有之，都是炼的过程，炼后都不能直接入釉。

因此，景德镇将经过煨烧工艺后得到的炼灰也称为“釉灰”是不恰当的，或者说是“釉灰”概念的扩大化、广义化。



图 2 《陶冶图》之炼灰配釉^[21]
Fig.2 Making lime-ash and glazing technique described in “Tao Ye Tu”

张九钺编撰于乾隆四十二年的《南窑笔记》^[22]，记录的釉灰制法：“出浮梁之长山，取山之坚石，火炼成灰，复用蕨炼之三昼夜，春至细，以水澄之。用入釉内，以发瓷之光气。盖釉无灰则枯搞无色泽矣。”^[1]现代的“釉灰”煨烧工艺，煨烧三次，耗时两昼夜。而煨烧三昼夜，可煨烧四至五次。

多次煨烧工艺提高了炼灰中 CaCO_3 的转化率，并增加了炼灰的出灰量，节约了成本，提高了效率。

5 景德镇“釉灰”制备之成熟阶段——引入尿沬工艺

尿沬工艺出现于清朝末年，其出现直接减少了煨烧次数，进一步节省成本。

成书于嘉庆二十年(1815 年)蓝浦、郑廷桂合著的《景德镇陶录》有关釉灰的记载：“窑有户……户有工……春灰工或兼合灰……陶所资各户……炼灰户……”^[23]该文献表明炼灰有专门的炼灰户，炼灰户只炼灰不淘洗；在作坊里淘洗后的釉灰(二灰)有专门的春灰工负责。此时期仍未有专门加工二灰的灰渣店和尿沬工艺。

民国八年(1930 年)向焯著作的《景德镇陶业纪事》中釉灰制法：“用生石灰加水，和入凤尾草灰，杂置炉中烧锻后，用杵臼捣碎之，即为釉灰。”^[24]对比可知作者记录釉灰制备工艺有失事实。1959

年江思清负责编纂的《景德镇陶瓷史稿》中的记录同样有误。

梁聚淦在《水灰与灰渣店》中记录了水灰(釉灰水溶液)制作及灰渣店的产生和没落。灰渣店的产生及功能：“前清时期的御窑厂和民间少数生产规模大的制瓷作坊，作坊内均设有屯灰间，能自制水灰。但大多数中小制瓷户，因资金少、场地狭，自行加工水灰有困难。故每逢配釉时，只有向大作坊高价购买。据几位前辈回忆，早在清光绪年间，就有灰渣店分布在落马桥、莲花塘等地段。民国初年，全镇共有灰渣店 30 多家。灰渣店都是个体企业，以家庭成员劳动为主。也有的店，以低工资雇用一名身壮力健的盲人帮工舂灰渣。^[25]”釉灰的后期加工方法：“先将购进的釉灰和灰渣，分别堆放在屯灰间靠墙的角落。对釉灰要经常洒水，保持湿润，并加尿液，以助陈腐和解凝。经历一年之久方可淘洗。淘洗时，将已经陈腐到时的釉灰，用笕箕计量，倒入腰圆形水桶中，每次倒入二至三箕，重约 10-15 kg，加水 5-6 倍，用铁耙进行搅拌，使之混合成灰浆。随之用马尾筛捞掉浮在灰浆上面的杂屑，待浆液平面露出一层清水时，即用曲柄双耳铁锅，把上部细浆舀入陶器大圆缸中。沉在木桶下部的余浆，继续加水搅拌，按原法淘洗，取尽其细浆。如此从原装釉灰中，首批淘洗取得的釉灰细浆，叫做头灰。最后沉淀在木桶底部的粗颗粒，谓之“灰渣”，是制备二灰的原料。用铁耙挖取，与购进的灰渣同放一处，晒干后倒入碓池舂细，再取出，按前法加水淘洗，所得细浆，即为二灰。^[25]”灰渣店的消亡：“1958 年，景德镇市已有 95% 以上的瓷厂采用球磨设备加工釉料和釉灰，灰渣店的水灰由此而销路锐减。至 1962 年，只剩下二三家灰渣店。至 1965 年，景德镇市建成的圆型倒焰煤窑达 131 座，柴窑仅保留少数几座。由于传统灰釉，在以煤炭为燃料的窑炉中烧成易犯“吸烟”缺陷，代之而起的，则是以长石为主要原料，以滑石粉等为助熔剂的釉料。与此同时，灰渣店则完全消失了。^[25]”由此记载可知炼灰户只炼灰不沤不淘，尿沤工艺是作坊或者灰渣店的工作。

炼灰煨烧三次后 CaCO_3 含量可达到 80-85wt.%^[3]，因此继续煨烧第四次、第五次甚至第六次， CaCO_3 的转化率较低，大幅增加人力成本以及狼其草的成本。而尿液获取容易，成本可忽略不计。尿液中的尿素经分解后会生成 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ，与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应既能提高 CaCO_3 的转化率，又能

产生解凝电解质，有利于提升釉浆的性能^[3]。因此，尿沤工艺的出现直接节省了煨烧工艺成本，使煨烧工艺由五次左右转变为三次，也使“釉灰”的制备工艺达到最合理完善的程度。

景德镇四大名瓷中，除粉彩外，配制釉料都要用到釉灰，在还原气氛下，釉灰中的铁元素增强了青花釉、玲珑釉的青翠色调，为人们所喜爱。但随着工业技术的进步，现代企业已采用机械化的原料加工设备、坯釉料加工设备，釉料制备已直接采用石灰石粉、方解石粉、白云石粉、长石粉等熔剂原料，釉中磷和铁元素含量可以通过添加紫金土、氧化铁、骨灰等原料达到，因此，当代景德镇只有部分生产仿古瓷的企业还在使用釉灰制釉。

1986 年刘桢和许垂旭通过到乐平市寿安乡寺前村一带实地考察调研，昔日的生产状况已无可目睹，仅有三户人家仍在制作“釉灰”并且制作频率很低。刘桢和许垂旭详细记录了整个制作过程：“(1)选取石灰石。通常选取黝黑色的石灰石，此石灰石比较纯净，比其它的石灰石含钙量高、含镁量低，因此出灰量高。(2)煨烧。将黝黑色石灰石，敲碎成适当大小的块度，堆装于传统石灰窑内煨烧二昼夜分解形成生石灰。(3)消解。将生石灰运至灰场内让其吸收湿气自然消解(两至三个月)或洒适量水消解成粉状熟石灰。(4)煨烧。在炼灰场内，先铺一层狼其草，再铺一层 8-15 cm 厚的熟石灰粉(过 10-12 目筛)，如此方式，多层交替叠铺成 3×3 或 4×4 个长方形自然层，至总高度 1 m 左右，即可在底角四周点火煨烧，约经 6 小时煨烧后，即可耙开煨烧堆，翻动搅拌，使煨烧均匀。待余火熄灭后，可用同样方式继续煨烧，一般经过三次，耗时两昼夜，再陈化数日，方得所需釉灰。每烧制一次用生石灰 1000 kg 制成釉灰 1500 kg。^[3]”作坊或工厂在使用之前，还需经过淘洗处理，去掉漂浮的狼其柴梗屑和大块杂质，舀取上面的细浆部分即为“头灰”。沉淀的粗渣部分经尿沤数月，淘洗后所得就是“二灰”。或者在狼其草和石灰石叠烧完成之后直接尿沤数月后淘洗的细浆也称为二灰。头灰主要用于配制粗瓷或圆器釉，二灰主要用于配制细瓷或琢器釉。这是目前景德镇现存的“标准式”釉灰制备工艺。

6 结 论

(1) “釉灰”是伴随石灰石的使用而即时出现的

一种人工制备的以 CaCO_3 为主熔剂并混有草木灰的制釉原料。制取“釉灰”的主要目的是为了粉碎石灰石，用石灰石入釉。“釉灰”是由炼灰淘洗所得。景德镇也将经过煨烧工艺后得到的炼灰称为“釉灰”，是“釉灰”概念的扩大化、广义化。

(2) 景德镇制备“釉灰”从“欠烧”石灰石到成熟工艺共经过了四个发展阶段。景德镇制瓷之始使用只火炼镁质石灰石后制取的釉灰，晚唐五代时开始使用钙质石灰石，五代以后只采用钙质石灰石，南宋时已有文献明确记载火炼石灰石；最晚到明中晚期开始有煨烧工艺，清前期已完善了煨烧工艺并且达到五六次，煨烧的柴草由桃竹枝叶转变为狼萁草；清晚期才出现尿沤工艺。

(3) 《陶记》中“石垆炼灰”应是青白石(石灰石)炼灰；《陶冶图说》中“青白石与凤尾草迭叠炼烧”应是石垆(石灰)与凤尾草迭叠炼烧。

参考文献:

- [1] 熊廖. 中国古陶瓷古籍集成[M]. 上海: 上海文化出版社. 2006.
- [2] 祝桂洪. 景德镇陶瓷传统工艺[M]. 南昌: 江西高校出版社, 2004.
- [3] 刘楨, 许垂旭. 传统釉灰的制法及其工艺原理[J]. 景德镇陶瓷学院学报, 1986, (1): 39-50.
LIU Z, XU C X. Journal of Jingdezhen Ceramic Institute, 1986, (1): 39-50.
- [4] 戴粹新, 江邦杰, 孙新一. 窑内气氛烧成景德镇传统“灰釉”影响的研究[J]. 景德镇陶瓷, 1989(Z1): 5-8.
DAI C X, JING B J, SUN X Y. Jingdezhen's Ceramics, 1989(Z1):5-8.
- [5] 郑乃章, 熊春华, 柳兆鹏. 传统灰釉制备技术的调查与研究[J]. 陶瓷学报, 2010, 31(3): 440-449.
ZHENG N Z, XIONG C H, LIU Z P. Journal of Ceramics, 2010, 31(3): 440-449.
- [6] 吴军明, 罗婷, 熊春华, 等. 釉灰制备原料和工艺对其组成的影响[J]. 光谱学与光谱分析. 2016, 36(11): 3709-3713.
WU J M, LUO T, XIONG C H, et al. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2016, 36(11): 3709-3713.
- [7] 罗婷, 吴军明, 虞会青, 等. 传统制备工艺对景德镇釉灰粉料粒径及性能的影响[J]. 陶瓷学报. 2018, 39(2): 222-227.
LUO T, WU J M, YU H Q, et al. Journal of Ceramics, 2018, 39(2): 222-227.
- [8] 刘新园. 蒋祈《陶记》著作时代考辨——兼论景德镇南宋与元代瓷器工艺、市场及税制等方面的差异[J]. 景德镇陶瓷, 1981, (12): 5-35.
LIU X Y. Jingdezhen's Ceramics, 1981, (12): 5-35.
- [9] 李家治. 中国科学技术史(陶瓷卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [10] 袁润章. 胶凝材料学[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 1996.
- [11] 杨丙雨, 冯玉怀. 石灰史料初探[J]. 化工矿产地质, 1998, 20(1): 55-60.
YANG B Y, FENG Y H. Geology of Chemical Minerals, 1998, 20(1): 55-60.
- [12] 徐长青, 张文江. 景德镇(乐平)南窑学术研讨会综述[N]. 中国文物报, 2014, 12: 16.
- [13] 全留洋, 吴隽, 张茂林, 等. 乐平南窑青瓷胎釉组成配方的 EDXRF 分析研究[J]. 中国陶瓷, 2016, 52(12): 121-127.
TONG L Y, WU J, ZHANG M L, et al. China Ceramics, 2016, 52(12): 121-127.
- [14] 张茂林, 周剑, 李其江, 等. 景德镇五代瓷器组成配方的 EDXRF 分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(5): 1413-1417.
ZHANG M L, ZHOU J, LI Q J, et al. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(5): 1413-1417.
- [15] 秦大树. 釉灰新证[J]. 考古, 2001, (10): 78-82.
QING D S. Archaeology, 2001, (10): 78-82.
- [16] 容志毅. 中国古代石灰的煨烧及应用论略[J]. 自然科学史研究, 2011, 30(1): 45-54.
RONG Z Y. Studies in the History of Natural Sciences, 2011, 30(1): 45-54.
- [17] 宋应星. 天工开物[M]. 岳麓书社, 2002.
- [18] 周荣林. 景德镇瓷业习俗[M]. 南昌: 江西高校出版社, 2004.
- [19] 虞会青. 景德镇传统釉灰制备工艺及其科学原理探析[D]. 景德镇陶瓷大学, 2017.
- [20] 李其江, 吴军明, 张茂林, 等. 《陶冶图说》制瓷技术理论化的特点及价值[J]. 陶瓷学报, 2012, (1): 103-107.
LI Q J, WU J M, ZHENG N Z, et al. Journal of Ceramics, 2012, (1): 103-107.
- [21] 耿东升. 清乾隆珐琅彩荣华富贵灯笼[M]. 北京: 文物出版社. 2007
- [22] 陈宁. 清代陶瓷文献学论纲[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2017
- [23] 蓝浦, 郑廷桂著, 连冕, 编注. 景德镇陶录图说[M]. 济南: 山东画报出版社, 2004
- [24] 向焯. 景德镇陶业纪事, 中国陶瓷古籍集成[M]. 上海文化出版社, 2006
- [25] 梁聚淦. 水灰与灰渣店. 景德镇市文史资料研究委员会. 景德镇杂帮[M]. 景德镇市: 景德镇文史资料, 1995.